台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.66 No.1 2017

Review Article

1 Mechanisms of Salt Tolerance in Rice Plants: Reactive Oxygen Species Scavenging-Systems
Ching Huei Kao

Research Articles

9 Redescription of *Cassena sasajii* Kimoto, 1969 (Insecta: Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae)
Chi-Feng Lee

15 Studies on Heterotic Patterns of Horneous Endosperm Corn in Taiwan
Guang-Jauh Shieh and Yu-Ru Chen

26 Studies on Varieties (Lines), Crop Season, and Storage Period on Resistant Starch in Fresh Sweet Potato
Hsin-Chen Lee and Yung-Chang Lai

34 Evaluation of Insecticides Recommended for Controlling the Adult of Sweetpotato Weevil [*Cylas formicarius* (Fabricius)] (Coleoptera: Brentidae) in Taiwan
Po-Hung Chen, Tai-Chuan Wang, Chiung-Hui Huang, Yi-Fen Chu, and Shou-Horng Huang

44 Occurrence of Bacterial Wilt on Autumn Maple Tree
Chia-Hsin Tsai, Pao-Jen Ann, Shu-Ling Hwang, Yun-Sheng Lu, Jia-Rong Li, and Zi-Qing Hong

53 The Comparison of Physiological Characteristics of Different Clones of a White *Phalaenopsis* Sogo Yukidian Cultivar
Jian-Cheng Ciou, Ting-Fang Hsieh, and Ting-En Dai

66 Screening of Fungicides for Foot Rot of Sweet Potato Caused by *Phomopsis destruens*
Chiao-Wen Huang, Hong-Ren Yang, Ching-Yi Lin, Sui-Li Hsu, Wen-Chi Ko, and Hui-Fang Ni

74 Comparison in Mineral Characteristics among Commercial Bottled Waters
Wen-Jui Liang, Tsung-Ren Peng, Shiou-Yuh Tsai, Ping-Ting Lin, Ping-Yi Huang, Yu-Wen Lin, Chun-Chun Huang, and Tsang-Sen Liu

ISSN 0022-4847
9 770022 484003

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

台灣農業研究 JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH Vol.66 No.1 2017

ISSN 0022-4847
DOI:10.6156/JTAR

台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.66 No.1 2017

專題論述

1 水稻耐鹽之機制：活化氧族清除系統
高景輝

研究報告

9 黑額盔螢金花蟲的重新描述（鞘翅目：金花蟲科：螢金花蟲亞科）
李奇峰

15 硬質玉米新種原雜種優勢模式之研究
謝光照、陳裕儒

26 不同品種（系）、植期與貯藏處理之生甘藷抗性澱粉含量研究
利幸貞、賴永昌

34 現行甘藷蟻象［*Cylas formicarius*（Fabricius）］防治藥劑之室內藥效評估
陳柏宏、王泰權、黃瓊慧、朱宜芬、黃守宏

44 茄苳青枯病之發生
蔡佳欣、安寶貞、黃淑苓、呂昀陞、李佳蓉、洪子晴

53 不同來源大白花蝴蝶蘭*Phalaenopsis* Sogo Yukidian種苗生育特性之比較
邱健誠、謝廷芳、戴廷恩

66 甘藷基腐病防治藥劑篩選
黃巧雯、楊宏仁、林靜宜、許淑麗、柯文琪、倪蕙芳

74 比較市售瓶裝飲用水之元素特徵
梁文睿、彭宗仁、蔡修裕、林娉婷、黃秉益、林毓雯、黃群鈞、劉滄棼

行政院農業委員會農業試驗所出版

《台灣農業研究》編審會

總編輯

楊純明／農業試驗所作物組

領域主編（按筆劃序）

王強生／國立中興大學農藝學系
王淑珍／國立台灣大學農藝學系
古新梅／國立中興大學農藝學系
安寶貞／農業試驗所植物病理組
吳文哲／國立台灣大學昆蟲學系
呂秀英／苗栗區農業改良場
杜宜殷／國立台灣大學園藝暨景觀學系
沈偉強／國立台灣大學植物病理與微生物學系
林彥蓉／國立台灣大學農藝學系
林慧玲／國立中興大學園藝學系
侯豐男／國立中興大學昆蟲學系
柯俊成／國立台灣大學昆蟲學系
高景輝／國立台灣大學農藝學系
張永和／靜宜大學食品營養系
張瑞璋／農業試驗所植物病理組
莊愷瑋／國立嘉義大學農藝學系
郭寶錚／國立中興大學農藝學系
陳世銘／國立台灣大學生物產業機電工程學系
陳右人／國立臺灣大學園藝暨景觀學系
陳宗禮／國立中興大學農藝學系
陳郁蕙／國立臺灣大學農業經濟學系
陳健忠／農業試驗所應用動物組
陳琦玲／農業試驗所農業化學組
曾夢蛟／國立中興大學園藝學系
黃振文／國立中興大學植物病理學系
黃裕銘／國立中興大學土壤環境科學系
黃肇家／農業試驗所作物組
黃鵬林／國立臺灣大學園藝暨景觀學系
楊正澤／國立中興大學昆蟲學系
路光暉／國立中興大學昆蟲學系
鄒裕民／國立中興大學土壤環境科學系
劉力瑜／國立台灣大學農藝學系
蔡致榮／農業試驗所
鍾文鑫／國立中興大學植物病理學系
簡立賢／國立中興大學應用經濟學系
顏國欽／國立中興大學食品暨應用生物科技學系

編輯助理

吳惠卿／農業試驗所技術服務組
顧佩容／農業試驗所《台灣農業研究》期刊編輯室
王立蓉／農業試驗所《台灣農業研究》期刊編輯室

編輯助理顧問

吳宜晏／農業試驗所技術服務組

台灣農業研究

第六十六卷　第一期　　中華民國一〇六年三月三十一日

出版者　行政院農業委員會農業試驗所
發行人　陳駿季
總編輯　楊純明
地址　41362 台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網址　http://www.tari.gov.tw
電話　(04)2331-7236
E-mail　jtar@tari.gov.tw
線上投審稿系統　http://aspers.airiti.com/JTAR

編印　Airiti Press Inc.
地址　23452 新北市永和區成功路一段 80 號 18 樓
電話　(02)2926-6006
E-mail　press@airiti.com

定價　新台幣一七五元
展售門市　1. 國家書店／ 10485 台北市松江路 209 號 1 樓／電話 : (02) 2518-0207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場／ 40042 台中市中山路 6 號／電話 : (04) 2226-0330

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):1–8 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.01

Review Article

Mechanisms of Salt Tolerance in Rice Plants: Reactive Oxygen Species Scavenging-Systems

Ching Huei Kao[1,*]

Abstract

Kao, C. H. 2017. Mechanisms of salt tolerance in rice plants: Reactive oxygen species scavenging-systems. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):1–8.

In rice plants, oxidative stress is a major determinant involved in salt-induced damage. Accumulation of reactive oxygen species (ROS) during salt stress depends on the balance between the production and the scavenging of ROS. The present review summarizes the major research advance in elucidating the role of ROS-scavenging systems in salt tolerance of rice plants. Evidence shows that the increased tolerance to salt stress in rice plants is linked to an increased ROS-scavenging systems.

Key words: Reactive oxygen species, Rice, Salt stress.

INTRODUCTION

It was projected that world agriculture faces a challenge of producing 70% more food for an additional 2.3 billion people by 2050 (FAO 2009). Crop productivity is largely influenced by various abiotic stresses. Soil salinity is one of the most severe abiotic stresses. About 40% total irrigated lands has been reported to be damaged by salts (Xiong & Zhu 2001). Climate change, rise in sea levels, excessive irrigation without proper drainage in inlands, and underlying rocks rich in harmful salts are believed to be the factors causing the increase of area under salt stress. Salinity is the most common abiotic stress encountered by rice plants, which are considered to be a salt sensitive crop in their early seedling stage (Lutts *et al*. 1995). Thus, it is important to produce salt tolerant rice plants to extend the lands where rice plants can grow even if the lands are salty. Previously, we have described the regulatory roles of compatible solutes, aquaporins, and Na^+ transporters in salt tolerance of rice plants (Kao 2015b, 2015c). In this review, the focus is on the role of reactive oxygen species (ROS)-scavenging systems in salt stress tolerance of rice plants.

ROS IN RICE PLANTS UNDER SALT STRESS

Oxygen (O_2) is essential for life. Reduction of O_2 results in the production of superoxide (O_2^-), hydrogen peroxide (H_2O_2) and hydroxyl radical (• OH). Under normal growth conditions, ROS are mainly produced at low levels in organelles such as chloroplasts, mitochondria, and peroxisomes and/or can be scavenged by various defense mechanisms. During abiotic stresses, the production rate of the ROS is dramatically increased. Accumulation of ROS during abiotic stress mainly depends on the balance between the production and the scavenging of ROS. The accumulated ROS molecules in turn lead to the loss of cellular function (Gill & Tuteja 2010).

Basically, over-reduction of the electron

Received: April 11, 2016; Accepted: May 13, 2016.
* Corresponding author, e-mail: kaoch@ntu.edu.tw
1 Professor Emeritus, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

transport chain in mitochondria is a main mechanism of ROS generation during stress (Miller *et al*. 2010). In chloroplasts, limitation of CO_2 fixation coupled with over-reduction of electron transport chain is the major cause of ROS production during stress (Miller *et al*. 2010). During photorespiration, the oxidation of glycolate to glyoxylic acid results in the formation of H_2O_2 (Miller *et al*. 2010). Thus, photosynthesis, respiration, and photorespiration are major potential sources of ROS in plants. However, in recent years, another source of ROS has been identified in plasma membrane (Suzuki *et al*. 2011). The activation of plasma membrane-bound NADPH oxidase catalyzes the transfer of electrons from cytoplasmic NADPH to O_2 to form O_2^-, followed by the dismutation of O_2^- to H_2O_2, in cell walls (Pei *et al*. 2000; Suzuki *et al*. 2011).

In rice plants, NaCl treatment results in an increase in H_2O_2 content (Fadzilla *et al*. 1997; Lin & Kao 2001; Hong *et al*. 2009; Hernandez *et al*. 2010; Yamane *et al*. 2012; Wei *et al*. 2013; Hazman *et al*. 2015). Yamane *et al*. (2012) demonstrated that NaCl-induced H_2O_2 accumulation in the chloroplasts, mitochondria, peroxisomes, plasma membrane, and cell walls of rice leaves. Accumulated evidence has shown that NaCl-induced accumulation of H_2O_2 in rice roots could be due to the activation of NADPH oxidase (Hong *et al*. 2009; Wei *et al*. 2013).

ROS-SCVENGING SYSTEMS AND RICE SALT TOLERANCE

Salt stress causes increased production of ROS and it has been shown that in rice plants oxidative stress is a major determinant involved in salt-induced damage (Moradi & Ismail 2007). A correlation between ROS-scavenging systems and salinity tolerance has been reported in rice (Dionisio-Sese & Tobita 1998; Moradi & Ismail 2007; Chawla *et al*. 2013; Mishra *et al*. 2013). Recent work by Hazman *et al*. (2015) also demonstrated that the increased tolerance to salt stress in jasmonic acid-deficient rice mutants is linked to an increased ROS-scavenging systems. In general, ROS-scavenging systems include ROS-scavenging enzymes and antioxidants (Gill & Tuteja 2010). Superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX), and glutathione reductase (GR) are the ROS-scavenging enzymes whereas the ROS-scavenging antioxidants include ascorbic acid (AsA) and reduced glutathione (GSH).

Ascorbic acid

Ascorbic acid is the most abundant, powerful and water soluble antioxidant to prevent the damage caused by ROS in plants (Gill & Tuteja 2010). It has been demonstrated that exogenous application of AsA to salt-stressed rice plants increases endogenous AsA content, reduces H_2O_2 content and lipid peroxidation, indicating that exogenous AsA is able to mitigate oxidative damage of rice plants caused by salinity (Wang *et al*. 2014). In higher plants, it is now known that AsA is biosynthesized via D-manose/L-galactose pathway (Kao 2015a). In this pathway, L-galctono 1, 4-lactone dehydrogenase (GalLDH) is an enzyme catalyzing the last step of AsA biosynthesis (Kao 2015a). However, it is not clear whether overexpression of *GalLDH* gene in rice plants through genetic engineering provides a better tolerance to salinity.

The recycling of AsA is one of the approaches to maintain the AsA pool in cells. Monodehydroascorbate reductase (MDHR) and dehydrohyrroascorbate reductase (DHAR) are two enzymes responsible for AsA recycling. Ushimaru *et al*. (2006) reported that expression of rice DHAR in transgenic *Araidopsis thaliana* enhances resistance to salt stress. Recent work by Kim *et al*. (2014) demonstrated that overexpression of *OsDHAR1* increases the DHAR activity, AsA content and the tolerance of rice plants to salt stress. Nguyen *et al*. (2006) isolated a cDNA encoding MDHAR from mangrove (*Acanthus ebracteatus*) plant. Later, Sultana *et al*. (2012) introduced *AeMDHAR* to rice plants and found that the trans-

genic line MT24, which harbored a single copy of *AeMDHAR*, increased significantly MDHAR enzyme activity and displayed tolerance to salt stress.

Reduced glutathione

Reduced glutathione (GSH; γ-glutamate-cysteine-glycine) is another antioxidant in stress alleviation. It occurs abundantly in plant tissues and is localized in all compartments such as cytosol, mitochondria, chloroplasts, and in apoplast (Gill & Tuteja 2010). It is involved in defense of ROS (Foyer & Noctor 2005). During oxidative stress, GSH is oxidized to glutathione disulfide (GSSG). The ratio of GSH to GSSG is considered as an indicative of cellular redox balance in plants (Foyer & Noctor 2005).

It has been demonstrated that exogenous GSH application increases endogenous GSH content and decreases oxidative damage of salt-treated rice plants (Wang *et al*. 2014). It is well established that GSH is synthesized from two-consecutive ATP-dependent reactions. γ-Glutamylcysteine synthetase (ECS) catalyzes the formation of a peptide bond between the γ-carboxyl group of glutamate and the α-amino group of cysteine. Next, glutathione synthetase catalyzes the formation of a peptide bond between the cysteinyl carboxyl group of γ-glutamylcysteine and the α-amino group of glycine. ECS is the main enzyme regulating GSH biosynthesis in plants. Choe *et al*. (2013) generated transgenic rice plants overexpressing *OsECS* under the control of an inducible promoter (Rab21). These transgenic rice plants increase tolerance to oxidative stress caused by paraquat and salinity.

Reduced glutathione is also a substrate for glutathione S-transferase (GST) and glutathione peroxidase (GPX) which are involved in the removal of ROS (Noctor *et al*. 2012). GSTs, also known as glutathione transferases, and GPXs are GSH-dependent ROS-detoxifying enzymes found in plant cells (Anjum *et al*. 2012). An increased GST activity was found in roots of rice plants under salinity stress (Moons 2003). Sharma *et al*. (2014) demonstrated that overexpressing *OsGSTU* gene in *E. coli* results in a higher GST activity and better growth under salinity stress. Recent findings of Hazman *et al*. (2015) pointed out that increased tolerance to salt stress in jasmonic acid biosynthesis of rice mutants is associated with an increased GST activity. Diao *et al*. (2014) reported the cloning a GPX gene from *Nelumbo nucifera* and found that overexpression of *NnGPX* gene in rice plants was significantly more tolerant to salt stress compared with the wild-type.

Superoxide dismutase

Superoxide dismutase (SOD) catalyzes the conversion of O_2^- to H_2O_2 and O_2. Within a cell, the SOD represents the first line of defense against ROS. O_2^- is known to produce at any location where any electron transport chain is present, and thus O_2^- formation may occur in mitochondria, chloroplasts, and peroxisomes. Phospholipid membranes are not permeable to O_2^- molecules (Takahashi & Asada 1983), thus it is not surprising that SOD is present in the compartments where O_2^- is formed. SOD isoforms are classified by their metal cofactor and subcellular localization: cytosolic CuZn-SOD, chloroplastic CuZn-SOD, peroxidsomal CuZn-SOD, mitochondrial Mn-SOD, and chloroplastic Fe-SOD (Mittler *et al*. 2004).

In rice, NaCl treatment has been demonstrated to be effective in increasing SOD activity in leaves but not in roots (Lee *et al*. 2001). In another work, Tsai *et al*. (2004) observed that NaCl had no effect on the activity of SOD and isoenzymes of SOD in rice roots of 'Taichung Native 1' cultivar. Using 'Nipponbare' rice cultivar, Morita *et al*. (2011) showed that salt stress caused no significant increase in cytosolic SOD transcript. Tanaka *et al*. (1999) were the first to show that overexpression of the yeast mitochondrial Mn-SOD in rice chloroplasts increases total SOD activity and exhibits enhanced tolerance to salt stress, suggesting that high levels of chloroplastic SOD is important for salt resistance in rice. Later

work by Badawi *et al*. (2004) showed that targeted rice cytosolic CuZn-SOD to chloroplasts of tobacco results in an enhancement of tolerance to NaCl stress in transformed tobacco plants. Prashanth *et al*. (2008) also reported that overexpression of *Sod1* encoding a cytosolic CuZn-SOD isolated from the mangrove species *Avicennia marina* in *indica* rice cultivar Pusa Basmati-1 confers salt stress tolerance.

Ascorbate peroxidase

Ascorbate peroxidase (APX) belongs to the class I heme-containing peroxidases found in higher plants (Takeda *et al*. 1998) and is thought to play the most important role in scavenging ROS and protecting cells in higher plants. APX catalyzes the conversion of H_2O_2 to H_2O and O_2, utilizing AsA as the specific electron donor. APX has a higher affinity for H_2O_2 than CAT. APX is able to detoxify lower concentrations of H_2O_2 when compared with CAT, thus renders *APX* an ideal candidate for tight regulation of H_2O_2. Eight types of *APX* genes have been described for rice: two cytotolic (*OsAPX1* and *OsAPX2*), two putative peroxisomal (*OsAPX3* and *OsAPX4*), and four chloroplastic isoforms (*OsAPX5*, *OsAPX6*, *OsAPX7*, and *OsAPX8*) (Teixeira *et al*. 2006; Hong *et al*. 2007). We have studied the expression patterns of the gene family of APX in roots of etiolated rice seedlings in response to NaCl stress (Hong *et al*. 2007). Increased APX activity and *OsAPX8* expression were observed in NaCl-treated rice roots (Hong *et al*. 2007). The expression of *OsAPX8* by NaCl is associated with Na^+, but not Cl^- and osmotic component (Hong *et al*. 2007; Hong & Kao 2008). It has also been demonstrated that *OsAPX8* gene expression and APX activity in rice roots induced by NaCl are mediated through abscisic acid but not H_2O_2 (Hong *et al*. 2007). In contrast, Teixeira *et al*. (2006) demonstrated that the expression of *OsAPX8* was drastically down-regulated by NaCl stress. These observed different results may be due to the differences in cultivars, plant age, and growth conditions. Guan *et al*. (2010) have demonstrated that the expression of *OsAPX4* gene in rice leaves and roots is induced by NaCl stress. They also found that overexpression of *OsAPX4* gene in *Arabidopais* and in yeast exhibit greater tolerance to NaCl. However, transgenic Arabidopsis and alfalfa overexpressing *OsAPX2* gene improved salt tolerance (Lu *et al*. 2007; Guan *et al*. 2012; Zhang *et al*. 2014). Recent gene knockout study conducted by Zhang *et al*. (2013) also stressed the importance of rice cytosolic *APX2* in tolerance to various stresses including salinity through scavenging ROS.

Glutathione reductase

Generally, GSH is oxidized to GSSG. Glutathione reductase (GR), a flavor-protein oxidoreductase, catalyzes the reduction of GSSG back to GSH at the expense of NADPH and thus is essential for maintaining the GSH pool. GR has been purified and characterized from rice (Kaminaka *et al*. 1998). Three types of *GR* genes have been described for rice: a cytosolic (*OsGR2*) and two chloroplast/mitochondria co-localized (*OsGR1* and *OsGR3*) (Wu *et al*. 2013). In rice roots, expression of *OsGR2* and *OsGR3* in response to NaCl has been shown to be regulated by H_2O_2, but not by abscisic acid (Hong *et al*. 2009). Kim *et al*. (2012) observed that *OsGR* expression in the yeast cells can reduce the deleterious effect of abiotic conditions, indicating that GR has a role in protecting against ROS. Recently, Wu *et al*. (2015) investigated the role of rice GR3 in salt tolerance using a rice *GR3*-knockout mutant, *gr3*. They demonstrated that knockout of *GR3* reduces GR activity and is more sensitive to NaCl stress. In contrast, functional complementation of *gr3* mutant increases GR activity and NaCl stress tolerance. The results strongly suggest that GR3 plays an important role in salt stress tolerance in rice.

Catalase

Catalase (CAT), a tetrameric heme containing enzyme, directly dismutates H_2O_2 into H_2O and O_2. CAT is required for ROS detoxification during stressed conditions (Gill & Tu-

teja 2010). It has been shown that NaCl has no effect on CAT activity in shoots (Fadzilla *et al*. 1997) and roots (Tsai *et al*. 2004) of rice. Tsai *et al*. (2004) also demonstrated that NaCl does not affect isoenzymes of CAT in rice roots. On the other hand, decrease in CAT by NaCl has been shown in rice leaves (Dionisio-Sese & Tobita 1998; Lee *et al*. 2001). Overexpression of the CAT gene, *katE*, derived from *E. coli* in rice plants improves salinity stress, suggesting the feasibility of producing salt tolerant transgenic rice plants (Motohashi *et al*. 2010). Of particular interest is the finding of Zhao & Zhang (2006), who demonstrated that co-expression the *Suaeda salsa GST* and *CAT1* in rice leads the increased salt stress protection. Based on their data, they concluded that salt tolerance of *GST* + *CAT1* transgenic rice plants could be resulted from the increased GST, CAT, and SOD activity.

CONCLUSIONS

Salt stress is one of the most serious threats to agriculture and to the environment in many parts of the world. In this review, the role of ROS-scavenging systems in salt tolerance of rice plants is summarized. As described above, the increased salt tolerance in rice plants is indeed linked to increased ROS-scavenging systems in rice plants. However, there are still many questions that are unanswered. It has been suggested that the expression of combinations of antioxidant enzymes in transgenic plants might have synergistic effects on stress tolerance. However, the work described by Zhao & Zhang (2006) is the only report that has been carried out to address ROS-scavenging systems expressing two enzymes in rice plants. Since maximum yield of rice plants under salt conditions is the principal objective, the genes of ROS-scavenging systems incorporated should contribute to salt tolerance not only at the growth stage of interest but also the whole plant levels. In the field, salinity always occur simultaneously with other abiotic stresses. For example, salinity may occur together with drought and/or heat. In order to engineering rice plants more tolerant to field conditions, how these different stress combinations affecting ROS-scavenging systems should be taken into considerations.

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to acknowledge with gratitude the contribution of colleagues and students to the personal research reported. Research in the author's laboratory has been supported by the National Science Council (now, the Ministry of Science and Technology) of the Republic of China (Taiwan).

REFERENCES

Anjum, N. A., I. Ahmad, I. Mohmood, M. Pacheco, A. C. Duarte, E. Pereira, S. Umar, A. Ahmad, N. A. Khan, M. Iqbal, and M. N. V. Prasad. 2012. Modulation of glutathione and its related enzymes in plants' responses to toxic metals and metalloid: A review. Environ. Exp. Bot. 75:307–324.

Badawi, G. H., Y. Yamauchi, E. Shimada, R. Sasaki, N. Kawano, K. Tanaka, and K. Tanaka. 2004. Enhanced tolerance to salt stress and water deficit by overexpressing superoxide dismutase in tobacco (*Nicotiana tabacum*) chloroplasts. Plant Sci. 166:919–928.

Chawla, S., S. Jain, and V. Jain. 2013. Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). J. Plant Biochem. Biotechnol. 22:27–34.

Choe, Y. H., Y. S. Kim, I. S. Kim, M. J. Bee, E. J. Lee, Y. H. Kaim, H. M. Park, and H. S. Yong. 2013. Homologous expression of glutamylcysteine synthetase increases grain yield and tolerance of transgenic rice to environmental stresses. J. Plant Physiol. 170:610–618.

Diao, Y., H. Xu, G. Li, A. Yu, X. Yu, W. Hu, X. Zheng, S. Li, Y. Wang, and Z. Hu. 2014. Cloning a glutathione peroxidase gene from *Nelumbo nucifera* and enhanced salt tolerance by overexpressing in rice. Mol. Biol. Rep. 41:4919–4927.

Dionisio-Sese, M. L. and S. Tobita. 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. Plant Sci. 135:1–9.

Fadzilla, N. M., R. P. Finch, and R. H. Burdon. 1997. Salinity, oxidative stress and antioxidant responses in shoot cultures of rice. J. Exp. Bot. 48:325–331.

FAO. 2009. How to Feed the World in 2050. Economic and Social Development Department, Food and Ag-

ricultural Organization of the United Nations. Rome. 35 pp.

Foyer, C. H. and G. Noctor. 2005. Oxidant and antioxidant signaling in plants: A re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. Plant Cell Environ. 28:1056–1071.

Gill, S. S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Biochem. 48:909–930.

Guan, Q., D. Xia, and S. Liu. 2010. *OsAPX* gene response to several environmental stresses in rice (*Oryza sativa* L.). Afr. J. Biotechnol. 9:5608–5913.

Guan, Q., T. Takano, and S. Liu. 2012. Genetic transformation and analysis of rice *OsAPX2* in *Medicago sativa*. PLoS One 7(7):e41233.

Hazman, M., B. Hause, E. Eiche, P. Nick, and M. Riemann. 2015. Increased tolerance to salt stress in OPDA-deficient rice *ALLENE OXIDE CYCLASE* mutants is linked to an increased ROS-scavenging activity. J. Exp. Bot. 66:3339–3352.

Hernandez, M., N. Farnandez-Garcia, P. Diaz-Vivancos, and E. Olimos. 2010. A different role for hydrogen peroxide and the antioxidative system under short and long salt stress in *Brassica oleracea* roots. J. Exp. Bot. 61:521–535.

Hong, C. Y. and C. H. Kao. 2008. NaCl-induced expression of *ASCORBATE PEROXIDASE 8* in roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings is not associated with osmotic component. Plant Signal. Behav. 3:199–201.

Hong, C. Y., Y. T. Hsu, Y. C. Tsai, and C. H. Kao. 2007. Expression of *ASCORBATE PEROXIDASE 8* in roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings in response to NaCl. J. Exp. Bot. 58:3273–3283.

Hong, C. Y., Y. Y. Chao, M. Y. Yang, S. Y. Cheng, S. C. Cho, and C. H. Kao. 2009. NaCl-induced expression of glutathione reductase in roots for rice (*Oryza sativa* L.) seedlings is mediated through hydrogen peroxide but not abscisic acid. Plant Soil 320:103–115.

Kaminaka, H., S. Morita, M. Nakajimma, T. Masumura, and K. Tanaka. 1998. Gene cloning and expression of cytosyolic glutathione reductase in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Cell Physiol. 39:1269–1280.

Kao, C. H. 2015a. Role of L-ascorbic acid in rice plants. Crop Environ. Bioinform. 12:1–7.

Kao, C. H. 2015b. Mechanisms of salt tolerance in rice plants: Compatible solutes and aquaporins. Crop Environ. Bioinform. 12:73–82.

Kao, C. H. 2015c. Mechanisms of salt tolerance in rice plants: Na^+ transporters. Crop Environ. Bioinform. 12:113–119.

Kim, I. S., Y. S. Kim, and H. S. Yoon. 2012. Glutathione reductase from *Oryza sativa* increases acquired tolerance to abiotic stresses in a genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* strain. J. Microbiol. Biotechnol. 22:1557–1567.

Kim, Y. S., I. S. Kim, S. Y. Shin, T. H. Park, H. M. Park, Y. H. Kim, G. S. Lee, H. G. Kang, S. H. Lee, and H. S. Yoon. 2014. Overexpression of dehydroascorbate reductase confers enhanced tolerance to salt stress in rice plants (*Oryza sativa* L. *japonica*). J. Agron. Crop Sci. 200:444–456.

Lee, D. H., Y. S. Kim, and C. B. Lee. 2001. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). J. Plant Physiol. 158:737–745.

Lin, C. C. and C. H. Kao. 2001. Cell wall peroxidase activity, hydrogen peroxide level and NaCl-inhibited root growth of rice seedlings. Plant Soil 230:135–143.

Lu, Z., D. Liu, and S. Liu. 2007. Two rice cytosolic ascorbate peroxidases differentially improve salt tolerance in transgenic *Aradibopsis*. Plant Cell Rep. 26:1909–1917.

Lutts, S., J. M. Kinet, and J. Bouharmont. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. J. Exp. Bot. 46:1843–1852.

Miller, G., N. Suzuki, S. Ciftci-Yilmaz, and R. Mittler. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. Plant Cell Environ. 33:453–467.

Mishra, P., K. Bhoomika, and R. S. Dubey. 2013. Differential responses of antioxidative defense system to prolonged salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive Indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Protoplasma 50:3–19.

Mittler, R., S. Vanderauwera, M. Golley, and F. Van Breusegem. 2004. Reactive oxygen network of plants. Trends Plant Sci. 9:490–498.

Moons, A. 2003. Osgstu3 and osgtu4, encoding tau class glutathione S-transferases are heavy metal- and hypoxic stress-induced and differentially salt stress-responsive in rice roots. FEBS Lett. 553:427–432.

Moradi, F. and A. M. Ismail. 2007. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. Ann. Bot. 99:1161–1173.

Morita, S., S. Nakatani, T. Koshiba, T. Masumura, Y. Ogihara, and K. Tanaka. 2011. Differential expressions of two cytosolic ascorbate peroxidase and two superoxide dismutase gene in response to abiotic stress in rice. Rice Sci. 18:157–166.

Motohashi, T., K. Nagamiya, S. H. Prodhan, K. Nakao, T. Shishido, Y. Yamamoto, T. Moriwaki, E. Hattori, M. Asada, H. Morishima, S. Hirose, K. Ozawa, T. Takabe, T. Takabe, and A. Komamine. 2010. Production of salt stress tolerant rice by overexpression of the catalase gene, *kat*E, derived from *Escherichia coli*. AsPac J. Mol. Biol. Biotechnol. 18:37–41.

Nguyen, P. D., C. I. Ho, J. A. Harkrishna, M. C. V. L. Wong, and A. R. Rahim. 2006. Generation and analyses of expressed sequence tags from the mangrove plant, *Acanthus ebracteatus* Vahl. Tree Gnet. Genom. 2:196–201.

Noctor, G., A. Mhamdi, S. Chaouch, Y. Han, J. Neukemans, S. Marquez-Garcia, G. Queval, and C. H. Foyer. 2012. Glutathione in plants: An integrated overview. Plant Cell Environ. 35:454–484.

Pei, X., Y. Murata, G. Benning, S. Thomine, B. Khusener, G. Allen, E. Grill, and J. Schroeder. 2000. Calcium channel activated hydrogen peroxide mediate abscisic acid signaling in guard cells. Nature 406:731–734.

Prashanth, R. R., V. Sadhasivam, and A. Parida. 2008. Over expression of cytosolic copper/zinc superoxide dismutase from a mangrove plant *Avicennia marin* in indica rice var. Pusa Basmati-1 confers abiotic stress tolerance. Transgenic Res. 17:281–291.

Sharma, T., A. Sahoo, R. Devemdran, and M. Jain. 2014. Over-expression of a rice tau class glutathione S-transferase gene improves tolerance salinity and oxidative stress in Arabidopsis. PLoS One 9(3):e92900.

Sultana, S., C. Y. Khew, M. M. Morhed, P. Namasivayam, S. Napis, and C. L. Ho. 2012. Overexpression of monodehydroascorbate reductase from a mangrove plant (AeMDHAR) confers salt tolerance on rice. J. Plant Physiol. 169:311–318.

Suzuki, N., G. Miller, J. Morales, V. Shulaev, M. A. Torres, and R. Mittler. 2011. Respiratory burst oxidases: the engines of ROS signaling. Curr. Opin. Plant Biol. 14:691–699.

Takahashi, M. A. and K. Asada. 1983. Superoxide anion permeability of phospholipid membranes and chloroplast thylakoids. Arach. Biochem. Biophy. 226:558–566.

Takeda, T., K. Koshimura, T. Ishikawa, and S. Shigeoka. 1998. Purification and characterization of ascorbate peroxidase in *Chlorella vulgaris*. Biochemistry 80:295–301.

Tanaka, Y., T. Hibino, Y. Hayashi, A. Tanaka, S. Kishitani, T. Takabe, S. Yokota, and T. Takabe. 1999. Salt tolerance of transgenic rice overexpressing yeast mitochondrial Mn-SOD in chloroplasts. Plant Sci. 148:131–138,

Teixeira, F. K., L. Menezes-Benzvente, V. C. Galvao, R. Margis, and M. Margis-Pinheiro. 2006. Rice ascorbate peroxidase gene family encodes functionally diverse isoforms localized in different subcellular compartments. Planta 224:300–314.

Tsai, Y. C., C. Y. Hong, L. F. Liu, and C. H. Kao. 2004. Relative importance of Na^+ and Cl^- in NaCl-induced antioxidant systems in roots of rice seedlings. Physiol. Plant. 122:86–94.

Ushimaru, T., T. Nakagawa, Y. Fujioka, K. Daicho, M. Naito, Y. Yamauchi, H. Nonaka, K. Amako, K. Yamawaki, and N. Murata. 2006. Transgenic *Arabidopsis* plants expressing the rice dehydroascorbate reductase gene are resistant to salt stress. J. Plant Physiol. 163:1179–1184.

Wang, R., S. Liu, F. Zhou, C. Ding, and C. Hua. 2014. Exogenous ascorbic acid and glutathione alleviate oxidative stress induced by salt stress in the chloroplast of *Oryza sativa* L. Z. Naturforsch. 69:226–236.

Wei, M. Y., Y. Y. Chao, and C. H. Kao. 2013. NaCl-induced heme oxygenase in roots of rice seedlings is mediated through hydrogen peroxide. Plant Growth Regul. 69:209–214.

Wu, T. M., W. R. Lin, C. H. Kao, and C. Y. Hong. 2015. Gene knockout of *glutathione reductase 3* results in increased sensitivity to salt stress in rice. Plant Mol. Biol. 87:555–564.

Wu, T. M., W. R. Lin, Y. T. Kao, Y. T. Hsu, C. H. Yeh, C. Y. Hong, and C. H. Kao. 2013. Identification and characterization of a novel chloroplast mitochondria co-localized glutathione reductase 3 involved in salt stress response in rice. Plant Mol. Biol. 83:779–790.

Xiong, L. and J. K. Zhu. 2001. Abiotic stress signal transduction in plants: Molecular and genetic perspectives. Physiol. Plant. 112:152–166.

Yamane, K., M. Taniguchi, and H. Miuyake. 2012. Salinity-induced subcellular accumulation of H2O in leaves of rice. Protoplasma 240:301–308.

Zhang, Q., M. A. Cui, X. Xin, X. U. Ming, L. I. Jing, and J. X. Wu. 2014. Overexpression of cytosolic peroxidase gene, *OSAPX2*, increases salt tolerance in transgenic alfalfa. J. Integr. Agric. 13:2500–2507.

Zhang, Z., Q. Zhang, J. Wu, X. Zhang, S. Zheng, Z. Sun, Q. Qiu, and T. Lu. 2013. Gene knockout study reveals that cytosolic ascorbate peroxidase 2 (*OsAPX2*) play a critical role in growth and reproduction in rice under drought salt and cold stresses. PLoS One 8(2):e57472.

Zhao, F. and H. Zhang. 2006. Salt and paraquat stress tolerance results from co-expression of the *Suaeda salsa* glutathione S-transferase and catalase in transgenic rice. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 86:349–358.

水稻耐鹽之機制：活化氧族清除系統

高景輝 [1,*]

摘要

高景輝。2017。水稻耐鹽之機制：活化氧族清除系統。台灣農業研究 66(1):1–8。

氧化逆境是鹽分導致水稻傷害之主因。鹽分逆境下，活化氧族之累積是與形成及清除間之平衡有關 。本文說明活化氧族清除系統在水稻耐鹽機制所扮演角色之主要研究進展。證據顯示，水稻耐鹽性之增加與活化氧族清除系統之增加有關。

關鍵詞：活化氧族、水稻、鹽分逆境。

投稿日期：2016 年 4 月 11 日；接受日期：2016 年 5 月 13 日。
[*] 通訊作者：kaoch@ntu.edu.tw
[1] 國立台灣大學農藝學系名譽教授。台灣 台北市。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):9–14 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.02

Research Article

Redescription of *Cassena sasajii* Kimoto, 1969 (Insecta: Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae)

Chi-Feng Lee[1,*]

Abstract

Lee, C. F. 2017. Redescription of *Cassena sasajii* Kimoto, 1969 (Insecta: Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae). J. Taiwan Agric. Res. 66(1):9–14.

The single species within the genus *Cassena* occurring in Taiwan, *C. sasajii* Kimoto, 1969, is redescribed. Depositories of types of the species are reported. Diagnostic characters of both sexes are illustrated, including antennae, aedeagus, gonocoxae, spermatheca, ventrite V in males, and ventrite VIII in females. Host plants, distributional information, and overwintering behavior of adults are provided.

Key words: Leaf beetles, Taxonomy, Host plant, Fabaceae.

INTRODUCTION

The genus *Cassena* was revised recently by Medvedev (2009) and comprises 2 subgenera: *Nepalocassena* Medvedev, 2009 (2 wingless species) and *Cassena* (s. str.) (45 winged species), widely distributed throughout the Oriental Region. One additional species, *Cassena bengalensis* (Jacoby 1900), was transferred from the genus *Taphinellina* Maulik by Bezděk (2016). Thus, *Cassena* includes a total of 48 species. *Cassena sasajii* Kimoto is the only species of the genus currently known from Taiwan. It was described by Kimoto (1969) with only the male aedeagus illustrated. Additional records were reported by Kimoto (1987, 1989, 1991) but no further information regarding the species is published.

Specimens of this species have been extensively collected and studied, and host plants have been recorded by the Taiwan Chrysomelid Research Team (TCRT) which was founded in 2005 including 10 members. All are amateurs who are interested in inventorying all species of Chrysomelidae in Taiwan. Diagnostic characters were assessed based on a large series of specimens, and the results are reported here.

MATERIALS AND METHODS

Nearly 200 specimens have been examined. About half were collected by TCRT and deposited at the Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). The remainders belong to the historical collection at the same institute. For illustrations of the adult reproductive systems, abdomens of adults were separated and boiled in 10% KOH solution, rinsed in distilled water, then placed in glycerin on microscope slides under cover slips for observation. Specimens were examined and drawings were made using a Leica M165 stereomicroscope and a Nikon ECLIPSE 50i compound microscope. Body parts were then stored in glycerin tubes with the dry mounted specimens.

Host plants are recorded by observing adult feeding behavior in the field. Host plants were identified by Chih-Kai Yang (The Experimental Forest, College of Bio-Resources and Agriculture, National Taiwan University).

Received: March 28, 2016; Accepted: May 27, 2016.
* Corresponding author, e-mail: chifeng@tari.gov.tw
1 Associate Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

Specimens examined are deposited in the following collections:

BPBM: Bernice Pauahi Bishop Museum, Hawaii, USA [James Boone]

KMNH: Kitakyushu Museum of Natural History and Human History, Kitakyushu, Japan [Yûsuke Minoshima]

KUEC: Faculty of Agriculture; Kyushu University, Fukuoka, Japan

TARI: Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan

Verbatim label data are cited for all type specimens; a double slash (//) divides the data on different labels and a single slash (/) divides the data in different rows. Other comments and remarks are indicated as follows: (p) preceding data are printed, (h) preceding data are handwritten, (w) white label, (b) blue label, and (r) red label.

RESULTS AND DISCUSSION

Genus *Cassena* Weise, 1892

Diagnosis. Pronotum with one pair of short longitudinal grooves starting from base, procoxal cavities closed, prosternal process wide and separating procoxae, all tibiae without apical spine.

***Cassena sasajii* Kimoto, 1969**

Cassena sasajii Kimoto, 1969: 55; Kimoto, 1987: 190; Kimoto, 1989: 258; Kimoto, 1991: 15.

Type locality. Chihpen [知本], Taitung Hsien, 22°43’30”N 121°02’02”E, 40 m.

Type series. Holotype ♂ (KUEC), labeled: “(TAIWAN) / Chihpen [知本] / Taitung Hsien [p] / 10[h]. VIII. 1966 / H. Kamiya leg. [p, w] // Cassena / sasajii / Kimoto, n. sp. [h, w] // HOLOTYPE [p, r]”. Paratypes: 2♂♂ (KMNH): “(TAIWAN) / Chihpen [知本] / Taitung Hsien [p] / 10[h]. VIII. 1966 / H. Kamiya leg. [p, w] // Cassena / sasajii / Kimoto, n. sp. [h, w] // PARATOPOTYPE [p, b]”; 2♀♀ (KMNH): “(TAIWAN) / Chuchi [竹崎] / Chiayi Hsien / 21[h]. VII. 1966/ H. Kamiya leg. [p, w] // Cassena / sasajii / Kimoto, n. sp. [h, w] // PARATYPE [p, b]”; 1♂ (KMNH), 1♀ (BPBM): “(TAIWAN) / Chulu [初鹿] / Taitung Hsien / 9. VIII. 1966 / H. Kamiya leg. [p, w] // Cassena / sasajii / Kimoto, n. sp. [h, w] // PARATYPE [p, b]”; 1♀ (KMNH): “(TAIWAN) / Nihonmatsu [松安] – / Hokuko [北坑] / Byoritsu-ken / 10. Iv. 1967 / T. Shirozu [p, w] // Cassena / sasajii / Kimoto, n. sp. [h, w] // PARATYPE [p, b]”.

Male. Length 3.7–4.2 mm; width 1.9–2.1 mm. Coloration (Figs. 1A–1C) yellowish brown except head (including antenna) blackish brown, tibiae, and tarsi brown. Antenna (Fig. 2A) extremely elongate, about 0.9× as long as body; length ratios of antennomeres II to XI approx. 1.0 : 1.2 : 1.9 : 1.9 : 1.9 : 1.9 : 1.9 : 1.8 : 1.7 : 2.1, and length to width ratios of antennomeres II to XI 2.0 : 1.9 : 3.1 : 3.3 : 3.3 : 3.4 : 3.4 : 3.4 : 3.2 : 4.1. Pronotum transverse, 1.6× wider than long; anterior and posterior margins almost straight; lateral margins moderately rounded; disc finely punctured. Elytra narrow, about 1.3× longer than wide; densely and randomly punctate, elytral calli well developed. First tarsomeres of middle and hind legs enlarged. Apical margin of abdominal ventrite V trilobed (Fig. 2H), median lobe extremely wide; median longitudinal, internal ridge absent. Aedeagus (Figs. 2C–2D) wide in dorsal view, 5.3× longer than wide; parallel-sided, apically tapering; apex rounded; opening apically narrowed, widest near base; strongly curved in lateral view, apex slightly recurved; endophallic sac covered with dense, stout setae; with one longitudinal sclerite, two pairs of erect processes at middle.

Female. Length 4.3–4.6 mm; width 2.4–2.5 mm. Similar to males, but antennae (Fig. 2B) shorter, about 0.8× as long as body; length ratio of II to XI approx. 1.0 : 1.2 : 1.6 : 1.7 : 1.6 : 1.6 : 1.6 : 1.7 : 1.7 : 2.0, and length to width ratios of II to XI 2.0 : 2.2 : 2.9 : 2.9 : 2.8 : 2.8 : 2.8 : 3.0 : 3.0 : 3.5. First tarsomeres of middle and hind legs normal. Apical margin of last abdominal ventrite rounded. Gonocoxae (Fig. 2E) elongate, about 7.7× longer than wide, joined from base to apical 3/10, sides narrowed at middle and basal 1/4, apices narrowly rounded, apex with nine or ten setae.

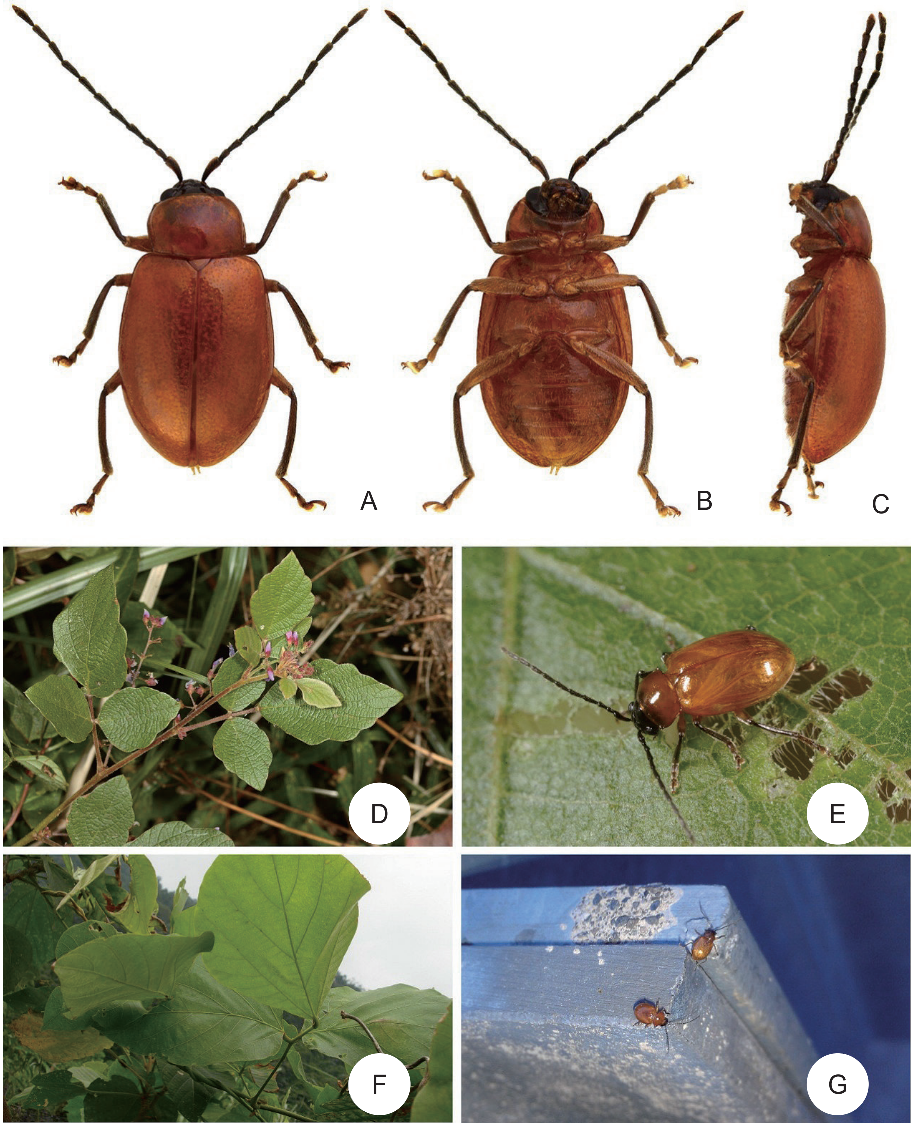

Fig. 1. *Cassena sasajii* adult specimens and field photographs. (A) Female, dorsal view; (B) Ditto, ventral view; (C) Ditto, ventral view; (D) Host plant, *Desmodium sequax*; (E) Adult feeding leaves of *Pueraria montana*; (F) *Pueraria montana*; and (G) Overwintering adults becoming active as temperature increased.

Ventrite VIII (Fig. 2F) well sclerotized basally; spiculum extremely long; apical margin widely rounded and lined with dense short and long setae. Receptacle of spermatheca (Fig. 2G) strongly swollen and transverse, pump slender and strongly curved, proximal spermathecal duct long and slender.

Diagnosis. *Cassena sasajii* is superficially similar to *C. uniformis* (Bryant) from Myanmar, which also possesses yellow elytra and pronotum, but *C. uniformis* differs by its yellow head and legs.

Other material examined (*n* = 191). Hsinchu: 1♂, 2♀♀, Lupi [魯壁], 1,450 m, 19.VII.2008, leg. M.-H. Tsou; **Ilan:** 1♀, Chinyang [金洋], 120 m, 23.X.2011, leg. C.-H. Hsieh; 1♂, 1♀, Suchi [四季], 1,700 m, 1.VIII.2009, leg. M.-H. Tsou; 2♀♀, same locality, 8.VI.2015, leg. H. Lee; 1♂, Taipingshan [太平山], 1,980 m, 6.VII.2007, leg. Y.-C. Chang; 2♀♀, Yuan-

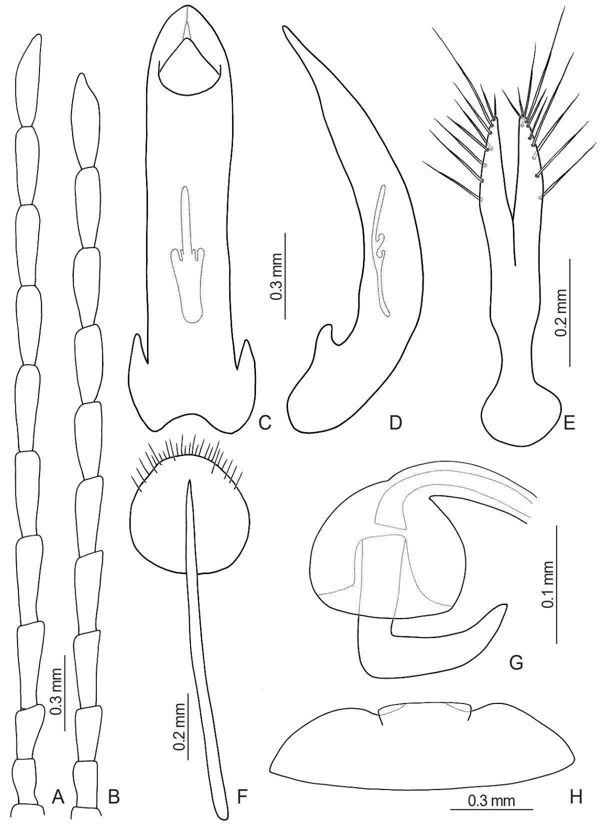

Fig. 2. Diagnostic characters of *Cassena sasajii*. (A) Antenna, male; (B) Antenna, female; (C) Aedeagus, dorsal view; (D) Aedeagus, lateral view; (E) Gonocoxae; (F) Ventrite VIII; (G) Spermatheca; and (H) Ventrite V.

shan [員山], 40 m, 17.V.2009, leg. H.-J. Chen; **Kaohsiung:** 2♀♀, Liukuei [六龜], 850 m, 27-28.VI.1981, leg. L. Y. Chou & C. H. Yang; 1♂, Tengchih [藤枝], 1,650 m, 2.X.2008, leg. C.-F. Lee; 1♀, same locality, 4.VII.2011, leg. M.-H. Tsou; 1♀, same locality, 7.IX.2012, leg. W.-C. Liao; 1♀, same locality, 8.VI.2013, leg. W.-C. Liao; 2♀♀, same locality, 6.VIII.2013, leg. B.-X. Guo; 1♀, Tona [多納], 450 m, 28.III.2009, leg. C.-F. Lee; **Nantou:** 1♀, Hoshe [和社], 1,000 m, 22.VII.1982, leg. L. Y. Chou & T. Lin; 5♂♂, 16♀♂, Lushan [盧山], 1,000 m, 27-31.V.1980, leg. K. S. Lin & L. Y. Chou; 1♂, Nanshanchi [南山溪], 700 m, 10.VII.2010, leg. Y.-T. Wang; 6♂♂, 2♀♀, same locality, 25.XI.2011, leg. J.-C. Chen; 8♂♂, 6♀♀, Tatachia [塔塔加], 1,800 m, 28-30.X.2009, leg. C.-F. Lee, H. Lee & Y.-C. Lin; 1♀, Tungpu [東埔], 1,200 m, 20-22.VI.1980, leg. C. C. Chen; 1♂, 1♀, same locality, 5-8.X.1981, leg. T. Lin & W. S. Tang; 5♂♂, 5♀♀, same locality, 18-23.XI.1981, leg. T. Lin & W. S. Tang; 3♂♂, 5♀♀, same locality, 19-23.VII.1982, leg. L. Y. Chou & T. Lin; 1♀, same locality, 22-25.XI.1982, leg. K. C. Chou & S. P. Huang; 1♀, same locality, 23-27.VII.1984, leg. K. C. Chou & C. H. Yang; 1♀, Wanfengtsun [萬豐村], 900 m, 10.VII.2007, leg. Y.-C. Chang; 1♀, same locality, 25.IV.2008, leg. W.-T. Liu; 1♀, same locality, 7.VII.2008, leg. W.-T. Liu; 2♂♂, Wushe [霧社], 1,150 m, 19-23.VI.1979, leg. K. S. Lin & B. H. Chen; 2♂♂, 2♀♀, same locality, 23-28.VI.1981, leg. K. S. Lin & W. S. Tang; 1♂, 1♀, same locality, 4.VIII.1981, leg. T. Lin & W. S. Tang; 2♀♀, same locality, 26-28.VIII.1981, leg. L. Y. Chou & S. C. Lin; 3♀♀, same locality, 14.VII.1982, leg. S. C. Lin & C. N. Lin; 1♂, 1♀, same locality, 7-8.1982, leg. K. C. Chou; 2♀♀, same locality, 19-22.IV.1983, leg. K. C. Chou & S. P. Huang;

6♂♂, 4♀♀, same locality, 17.VIII.1984, leg. K. C. Chou; 1♀, same locality, 11-15.IX.1984, leg. K. S. Lin; **Pingtung:** 1♀, Machia [瑪家], 1,100 m, 17.III.2013, leg. W.-C. Liao; 1♂, Peitawushan [北大武山], 1,000 m, 22.XII.2012, leg. W.-C. Liao; 2♂♂, 1♀, Shuangliu [雙流], 450 m, 19.X.2013, leg. J.-C. Chen; 1♂, 7♀♀, same locality, 31.X.2013, leg. J.-C. Chen; 23♂♂, 15♀♀, Tahanshan [大漢山], 1,000 m, 11.X.2013, leg. Y.-T. Chung; 1♀, same locality, 27.VI.2014, leg. J.-C. Chen; 1♀, Wutai [霧台], 1,000 m, 12.V.2009, leg. Uika Ong; **Taichung:** 1♀, Anmashan [鞍馬山], 1800 m, 27.VI.2009, leg. W.-T. Liu; **Taipei:** 1♀, Fushan [福山], 800 m, 18.IV.2010, leg. M.-H. Tsou; 4♂♂, 7♀♀, Wulai [烏來], 700 m, 13.X.2008, leg. H.-J. Chen; 2♀♀, same locality, 10.XII.2008, leg. H.-J. Chen; 1♀, same locality, 31.I.2009, leg. H.-J. Chen; **Taitung:** 1♀, Chihpen [知本], 17-18.II.1982, leg. L. Y. Chou & K. C. Chou; **Taoyuan:** 1♀, Junghua [榮華], 510 m, 31.V.2010, leg. W.-T. Liu; 1♀, Lalashan [拉拉山], 1,900 m, 22.VI.2014, leg. H. Lee; 1♀, Paling [巴陵], 650 m, 19.VI.2010, leg. H.-J. Chen.

Host Plants. *Pueraria Montana* (Lour.) Merr., 1935 [山葛] (Fig. 2E–2F) and *Desmodium sequax* Wall., 1832 [波葉山螞蝗] (Fig. 2D) (Fabaceae). Overwintering adults were observed at Tahanshan [大漢山] on October 11, 2013. Many adults were gathered at corners of structures such as bridges and fences. They came out and were walking around these structures as the temperature increased (Fig. 2G).

Distribution. Endemic to Taiwan. This species is widespread from lowlands to approx. 1,500 m elevation (Fig. 3).

Fig. 3. Distribution map of *Cassena sasajii*, solid line: 1,000 m, broken line: 2,000 m.

AEKNOWLEDGMENTS

I thank the Taiwan Chrysomelid Research Team for assisting in collecting materials, including Yu-Chi Chang, Hou-Jay Chen, Jung-Chang Chen, Yi-Ting Chung, Bo-Xin Guo, Hsueh Lee, Wen-Chuan Liao, Wei-Ting Liu, and Mei-Hua Tsou. I especially thank Hsueh Lee, Hsing-Tzung Cheng, Mei-Hua Tsou, Hou-Jay Chen, Yi-Ting Chung, and Jung-Chang Chen for taking field and specimen photographs. I thank Chris Carlton for reading the draft and editing for English style.

REFERENCES

Bezděk, J. 2016. Redescription and identity of *Taphinella bengalensis* Jacoby, 1900 (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae). Turk. J. Zool. 40:120–124.

Kimoto, S. 1969. Notes on the Chrysomelidae from Taiwan II. Esakia 7:1–68.

Kimoto, S. 1987. The Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) collected by the Nagoya University Scientific Expedition to Taiwan in 1986. Kurume Univ. J. 36:183–194.

Kimoto, S. 1989. The Taiwanese Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) collected by Dr. Kintaro Baba, on the occasion of his entomological survey in 1983 and 1986. Kurume Univ. J. 38:237–272.

Kimoto, S. 1991. The Taiwanese Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) collected by Dr. Kintaro Baba, on the occasion of his entomological survey in 1987, 1988 and 1989. Kurume Univ. J. 40:1–27.

Medvedev, L. N. 2009. A revision of the genus *Cassena* Weise, 1892 (Coleoptera, Chrysomelidae). Entomol. Basil. Coll. Frey 31:219–238.

黑額盔螢金花蟲的重新描述 (鞘翅目：金花蟲科：螢金花蟲亞科)

李奇峰 [1,*]

摘要

李奇峰。2017。黑額盔螢金花蟲的重新描述 (鞘翅目：金花蟲科：螢金花蟲亞科)。台灣農業研究 66(1):9–14。

本文針對黑額盔螢金花蟲 (*Cassena sasajii* Kimoto, 1969) 做重新描述，追蹤模式標本的館藏地，並對不同性別的診斷特徵以線圖描繪，包括雄性生殖器、生殖突基節、儲精囊、雄蟲的腹部第五節及雌蟲的第八節腹板，並對其食草、分布及越冬行為做進一步的探討。

關鍵詞：金花蟲、分類學、寄主植物、豆科。

投稿日期：2016 年 3 月 28 日；接受日期：2016 年 5 月 27 日。

[*] 通訊作者：chifeng@tari.gov.tw

[1] 農委會農業試驗所應用動物組聘用副研究員。台灣 台中市。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):15–25 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.03 研究報告

硬質玉米新種原雜種優勢模式之研究

謝光照 [1,*] 陳裕儒 [2]

摘要

謝光照、陳裕儒。2017。硬質玉米新種原雜種優勢模式之研究。台灣農業研究 66(1):15–25。

新種原雜種優勢模式群之評估試驗中，檢測的 2 個品種 ‘GX1F’ 與 ‘GX1M’ 分別與 9 個自交系檢定親雜交生產 18 個測交種，其籽粒產量的表現從 7,134–9,672 kg ha^{-1}，其中 Hi31 × GX1F、Hi31 × GX1M、888M × GX1F、888M × GX1M 及 UH13 × GX1F 5 個雜交組合為籽粒產量表現最優的雜種優勢模式組合，自交系檢定親 Hi31 及 888M 的一般與特定組合力優於其他自交系。試驗結果亦顯示，Hi31 與 ‘GX1M’ 品種存在最高籽粒產量之雜種優勢群，乃培育 ‘GX1M’ 品種的 S_5 自交系，然後再使用 Hi31 作為檢定親，生產 25 個雜交種，並進行組合力評估及新品系比較試驗。25 個雜交種組合力的評估結果，顯示所有新雜交組合其產量的表現皆明顯高於對照種「台農 1 號」，最高產的 5 個新雜交組合籽粒乾重表現在 7.7–9.5 kg 9.6 m^{-2} 之間，其籽粒乾重較「台農 1 號」增產率介於 75–115%，其開花期及吐絲期與對照種「台農 1 號」相近，屬中早熟品種群，從播種至採收約 125–130 d，適合於秋作雲嘉南地區輪作之耕作制度所需。同時其脫粒率、穗徑、百粒重皆比對照種「台農 1 號」高。實際的田間驗證顯示，Hi31 與 ‘GX1M’ 品種的分離自交系間存在籽粒產量之雜種優勢群。

關鍵詞：硬質玉米、熱帶型、溫帶型、雜種優勢。

前言

在不同種原間之雜種優勢模式中，如美國硬粒種 Lancaster Surecrop，與馬齒種的 Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS) 分離出來的自交系及其雜交組合具有最高之雜種優勢，為馬齒種與硬粒種間之雜種優勢模式 (Hallauer & Malithano 1976)。在墨西哥及中南美洲也發現適合熱帶及亞熱帶地區栽培的 4 個優良小種複合群，純熱帶型馬齒種的 Tuxpeno，純熱帶型硬粒種的 Cuban flint (CF)、半硬粒種的 Coastal tropical flint (CTF) 及混合種的 ETO；Tuxpeno 與其他 3 個複合群間之雜交組合表現極高之雜種優勢，建立了加勒比海硬粒種與馬齒種間的雜種優勢模式 (Wellhausen 1978)。

Kim & Ajala (1996a, 1996b) 亦以外來種原與西非之玉米種種原進行雜種優勢類群間之探討，希望能獲得適合當地之雜種優勢模式，以改良西非地區之玉米，結果顯示外來種原與西非地區種原間在產量有雜種優勢模式群存在。中國大陸玉米栽培品種之種質以溫帶型玉米為主要育種來源，遺傳基礎愈益窄化，在產量及抗病育種上遭遇瓶頸。近年來引進熱帶型與亞熱帶型種原，利用其豐富的遺傳變異性和特殊的抗逆境、抗病蟲害，加上熱帶型與溫帶型地理隔離長年交流少，且遺傳差異大等因素來擴大溫帶型玉米種質之遺傳基礎、適應性和增加抗病性，因此獲得更強之雜種優勢組合，具有明顯的溫帶型與熱帶型異型間雜種優勢模式 (Hu *et al*. 1999; Cheng *et al*. 2000; Li *et al*. 2001)。應用簡單重複 DNA 分子標誌 (simple sequence repeat; SSR) 可估算玉米族

投稿日期：2016 年 1 月 26 日；接受日期：2016 年 5 月 4 日。
* 通訊作者：x486045@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所作物組研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所作物組助理研究員。台灣 台中市。

群間的遺傳距離 (modified Roger's distance) 與有效的進行雜種優勢群的分群 (Reif *et al*. 2003)，而利用外表性狀的歐氏距離 (Euclidean distance)，以非加權成對分析法 (unweighted pair-group method with arithmetic mean; UPGMA) 進行集群分析 (cluster analysis) 也可將超甜玉米熱帶型與溫帶型的品種劃分 2 個不同的類群。大部分不同型間的雜交種其鮮果產量較優於同型間 (Liu & Shieh 2012)，可作為玉米產量雜交育種上雜種優勢模式群選擇之參考。

以馬齒種及硬粒種自交系進行雜種優勢及組合力之全互交分析，結果顯示硬粒種在籽粒產量、葉面積、營養生長量及株型大小等有較佳的一般組合力效應；而馬齒種呈現早熟、株型小及營養生長量較小，具有較佳之特定組合力效應 (Lee *et al*. 1986)。台灣飼料及青割玉米在不同粒型組合之籽粒產量及農藝性狀之表現，也發現異粒型間的組合 (馬齒種 × 硬粒種) 兼具有馬齒種與硬粒種的優點，如營養生長旺盛，葉片、株高及桿莖均大等特性 (Shieh & Thseng 1993)。本研究目的在於尋找適合台灣中南部玉米產區秋裡作栽培的中早熟 (從播種至採收期約 125–130 d) 玉米品種之新雜種優勢群，以 4 個溫帶型自交系及 5 個熱帶型自交系與中國大陸廣西省之種原探討是否存在優良的雜種優勢模式。

材料與方法

新引入品種種原雜種優勢模式群之評估試驗

所使用之材料溫帶型自交系 Hi31 (美國夏威夷大學，馬齒種)、TA1410 (美國夏威夷大學，77-4441，馬齒種)、UH 13 (美國夏威夷大學，77-4544，馬齒種)、Ind M (印度，馬齒種) 及熱帶型自交系 ICAL210 (哥倫比亞，硬粒種)、SW646 (泰國 Kasetsart 大學，抗露菌病種原 Suwan-1 DMR，硬粒種)、Ind F (印度，硬粒種)、TA2598 (印度，CM105，硬粒種)、888M (泰國 Charoen Seed 公司，品種 CP888 Super，硬粒種) 等 9 個為組合力較佳之自交系，'GX1F' 與 'GX1M' 為由中國大陸廣西省新引進的硬粒型高產且抗銹病品種，將 9 個自交系分別與 'GX1F'、'GX1M' 進行人工雜交授粉生產 18 個測交種，加上「台農 1 號」與「台農 351 號」為對照種，進行田間籽粒產量之組合力評估試驗。田間設計為完全逢機設計，5 重複，行株距為 0.80 m × 0.30 m，行長為 6 m。每公頃 3 要素肥料量為 N : P_2O_5 : K_2O = 180 : 90 : 60 kg，基肥以台肥 39 號複合肥料 (N : P_2O_5 : K_2O = 12 : 18 : 12) 每公頃施 500 kg，即基肥每公頃施氮素 60 kg，磷肥 90 kg 及鉀肥 60 kg。其餘之 140 kg 氮素以硫酸銨 (*N* = 21%) 於玉米齊膝期 (約 0.50–0.60 m) 當追肥施用，其他田管理按實際需要進行之。生育期間調查開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗乾重、籽粒乾重、脫粒率、穗長、穗徑、行數、每行粒數、百粒重、籽粒長度、播種至收穫之生長積溫與收穫時果穗水分含量。調查方法如下，開花期 (days to tassel)：指播種日起至小區中 50% 植株達雄穗始花所需日數。吐絲期 (days to silk)：指播種日起至小區中 50% 植株達雌穗開始吐絲所需日數。株高 (plant height)：於植株雄穗開花後，每小區逢機 10 株，由地面至雄穗頸節之平均高度，以 cm 表示。穗位高 (ear height)：於植株雌穗吐絲後，每小區逢機 10 株，由地面至最上位雌穗著生節位之平均高度，以 cm 表示。穗乾重 (ear dry weight)：生理成熟期之穗乾重，以 kg ha^{-1} 表示。籽粒重 (kernel dry weight)：生理成熟期之籽粒乾重，以 kg ha^{-1} 表示。脫粒率 (shelling percentage)：籽粒乾重占果穗乾重的百分比 (%)。穗長 (ear length)：上述生理成熟期之 10 個逢機乾果穗，量其整穗長度之平均值以 cm 表示。穗徑 (ear diameter)：上述生理成熟期之 10 個逢機乾果穗，量其果穗中間部位之平均值以 mm 表示。行數 (row number)：計數上述生理成熟期 10 個逢機果穗之行數。每行粒數 (kernel number per row)：計數上述生理成熟期 10 個逢機果穗之 1 行之籽粒數。百粒重 (100 kernel weight)：生理成熟期逢機選取 100 粒乾籽粒重，以 g 表示。籽粒長度 (kernel length)：生理成熟期之乾籽粒

逢機選取 10 粒測量籽粒長度，以 mm 表示。果穗水分含量 (ear water content) = (採收時果穗的重量 − 乾燥果穗重量) / 採收時果穗的重量，以 % 表示。播種至生理成熟期之生長積溫 (growing degree day to harvest)：由播種至籽粒生理成熟期每天平均氣溫減 10℃後之生長累積溫度，℃-day 表示。將所獲得的數據進行變方分析與平均值比較 ($LSD_{0.05}$)。

新雜種優勢模式群之田間驗證試驗

將 ‘GX1M’ 品種進行自交系分離，選留培育至 S_5 世代之自交系 25 個，與 Hi31 進行雜交種生產，然後進行雜交種田間組合力評估。田間設計為完全逢機設計，2 重複，每小區 2 行，行長 6 m，行株距為 0.80 m × 0.25 m。田區施肥方式、栽培管理、以及性狀調查內容，除了本試驗並未調查果穗水分含量與生長積溫外，皆與前述「新引入品種種原雜種優勢模式群之評估試驗」完全相同。所調查性狀之數據進行變方分析與平均值顯著性比較 ($LSD_{0.05}$)。

結果

新引入品種種原雜種優勢模式群之評估試驗

2010 年秋作 18 個測交種與對照種「台農 351」、「台農 1 號」共 20 個基因型之所有農藝性狀之變方分析，結果顯示基因型間所有性狀皆達極顯著差異 (表 1)。平均值差異之比較 (表 2)，顯示參試材料之開花期介於 54–65 d，以對照種「台農 1 號」最早開花，而 888M × GX1F 及 888M × GX1M 二者則較晚開花，且二者間達顯著差異。參試材料吐絲期介於 55–67 d，以對照種「台農 1 號」最早吐絲，而 888M × GX1F 及 888M × GX1M 二者較晚吐絲，且二者間達顯著差異。參試材料之株高介於207–245 cm，以 888M × GX1M 及 TA2598 × GX1F 表現較高，而 Ind F × GX1F 及 ‘TNG351’ 株高較矮。參試材料之穗位高介於 87–135 cm，以 888M × GX1M 及 888M × GX1F 表現較高之穗位高，而 TA1410 × GX1M 及 ‘TNG351’ 穗位高較低。乾果穗重參試材料之表現介於 19.55–29.10 kg 24m^{-2}，以 Hi31 × GX1M 及

表 1. 2000 年秋作硬質玉米雜交種間農藝性狀變方分析之均方值。

Table 1. Mean squares from the analysis of variance for yield and agronomic traits of new hybrids in the fall cropping season of 2000.

Source	Df	Days to tassel	Days to silk	Plant height	Ear height	Dry ear weight	Kernel weight	Shelling percentage	Ear length	Ear diameter	Row number	Kernel number per row	100-kernel weight	Kernel length	Water content	Growing degree day to harvest
Rep.	4	0.21	0.02	67	7	0.43	0.17	13.3*	1.10	1.3	1.21	0.8	0.92	0.09	15.2	4.0
G.	19	22.69**	29.19**	554**	736**	2.00**	1.17**	34.3**	10.72**	27.0**	10.55**	62.6**	46.31**	2.15**	28.8**	2,662.0**
Error	76	2.27	1.31	104	108	0.35	0.19	5.1	0.73	7.3	1.4	4.8	1.92	0.10	9.4	0.1

** Significant at 1% probability level.

表 2. 2000 年秋作秋作硬質玉米新雜交組合農藝性狀之平均值 (霧峰農試所)。

Table 2. Grain yield and agronomic traits of new hybrids in the fall cropping season of 2000 (TARI, Wufeng).

Cross	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Dry ear weight (kg 24m^{-2})	Kernel weight (kg 24m^{-2})	Shelling percent age (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Row number (No.)	Kernel number per row (No.)	100-ker-nel weight (g)	Kernel length (mm)	Water content (%)	Growing degree day to harvest (℃-day)
Hi31 × GX1F	60	60	217	102	25.35	21.10	83.2	20.2	52.6	15.2	40	38.5	12.5	29.4	1,379
ICAL210 × GX1F	59	60	222	104	21.55	17.50	81.2	19.0	48.4	12.8	41	37.0	11.8	28.0	1,379
TA1410 × GX1F	58	59	222	98	22.20	18.30	82.4	18.6	53.4	15.2	39	37.2	12.6	32.0	1,379
UH13 × GX1F	58	58	238	96	26.50	21.65	81.6	18.6	53.2	14.8	36	41.2	13.1	28.5	1,379
Ind F × GX1F	59	60	215	98	21.10	16.45	77.9	19.2	47.0	12.8	34	33.8	11.1	32.8	1,379
Ind M × GX1F	60	61	237	106	22.20	17.15	77.2	17.6	49.8	13.2	39	38.7	11.8	29.0	1,379
SW646 × GX1F	59	60	236	109	22.00	18.60	84.5	18.4	50.0	15.2	35	37.0	11.4	29.1	1,379
TA2598 × GX1F	58	60	240	121	23.15	19.15	82.7	17.6	53.2	16.0	39	36.3	12.6	29.2	1,379
888M × GX1F	62	64	236	127	27.65	22.00	79.5	16.2	46.6	12.0	32	35.8	11.7	32.9	1,436
Hi31 × GX1M	58	60	222	99	29.10	23.25	79.8	21.6	51.6	16.0	43	44.5	13.5	29.6	1,379
ICAL210 × GX1M	58	59	226	94	24.15	18.95	78.4	21.0	50.8	13.2	39	44.0	11.9	26.4	1,379
TA1410 × GX1M	58	60	215	90	24.70	19.50	78.9	20.8	52.6	16.4	39	41.6	12.8	29.8	1,379
UH13 × GX1M	57	60	225	88	19.55	16.25	83.1	21.8	52.2	14.4	40	42.4	12.8	30.2	1,379
Ind F × GX1M	61	62	210	94	26.55	19.80	74.5	21.4	50.0	14.0	37	43.3	11.5	28.5	1,385
Ind M × GX1M	61	63	212	101	26.15	20.15	77.0	21.4	51.0	14.4	46	39.9	11.8	28.7	1,399
SW646 × GX1M	60	62	233	113	24.70	19.70	79.7	18.4	48.6	16.4	37	41.6	11.3	29.6	1,379
TA2598 × GX1M	57	60	223	103	23.80	19.45	81.7	18.8	53.8	16.8	38	39.8	12.6	28.9	1,379
888M × GX1M	65	67	245	135	26.00	20.75	79.8	19.6	49.2	12.8	37	40.7	11.5	33.0	1,436
TNG1	54	55	223	98	21.70	17.85	82.2	19.4	47.8	14.8	39	39.6	12.9	22.0	1,312
TNG351	57	59	207	87	21.80	17.70	81.1	20.0	53.8	17.2	46	35.4	12.6	28.9	1,370
$LSD_{0.05}$	1	1	13	13	0.75	0.56	2.8	1.0	2.0	1.0	3	1.7	0.4	3.9	20

Planting date: Sept. 30, 2010; Harvest date: March 1, 2011.

888M × GX1F 具有最高之乾果穗重，分別為29.1 和 27.65 kg 24m^{-2}。籽粒乾重參試材料之表現介於 17.15–23.25 kg 24m^{-2}，以 Hi31 × GX1M 及 888M × GX1F 具有最高之乾籽粒重，分別為 23.25 和 22.0 kg 24m^{-2}。參試材料之脫粒率介於 74.5–84.5%，以 SW646 × GX1F 具有最高之脫粒率。穗長之變異參試材料之表現介於 16.2–21.8 cm，以 Hi31 × GX1M 及 UH13 × GX1M 具有較長之穗長，分別為 21.6 cm 和 21.8 cm。穗徑之變異參試材料介於 46.6–53.8 mm，以 TA2598 × GX1M 及 'TNG351' 具有較粗之穗徑。參試材料之籽粒行數介於 12–17。參試材料之平均每行粒數介於 32–46，以 Ind M 及 'TNG351' 最多。參試材料之百粒重介於 33.8–44.5 g，以 Hi31 × GX1M 及 ICAL210 × GX1M 具有較重之百粒重。參試材料之籽粒深度介於 11.1–13.5 mm，以 UH13 × GX1F 及 Hi31 × GX1M 具有較深之籽粒，分別為 13.1 mm 及 13.5 mm。成熟期果穗之水分含量，參試材料之變異介於 22.2–33.0%，以 888M × GX1F 及 888M × GX1M 水分含量最高。參試材料之生長積溫介於 1,312–1,436℃-day，以 888M × GX1M 及 888M × GX1F 生長至生理成熟時須具有較高之生長積溫，而「台農 1 號」之生長積溫最低。

18 個測交種籽粒產量的表現為 6,760–9,672 kg ha^{-1}，與對照種「台農 1 號」(7,452 kg ha^{-1}) 比較 (表 3)，顯示幅度為 90.7–129.7%，籽粒產量表現較佳的組合有 Hi31 × GX1F 的 8,777 kg ha^{-1} (增產 17.7%)、UH13 × GX1F 的 9,006 kg ha^{-1} (增產 20.8%)、888M × GX1F 的 9,152 kg ha^{-1} (增產 22.8%)、Hi31 × GX1M 的 9,672 kg ha^{-1} (增產 29.7%)、888M × GX1M 的 8,632 kg ha^{-1} (增產 15.8%) 等 5 個。由自交系與品種的雜交組合之平均值表現，可看出自交系檢定親中以 Hi31 及 888M 的一般與特定組合力相對於其他自交系則較高。就整個籽粒產量雜種優勢表現結果，顯示 Hi31 × GX1F、Hi31 × GX1M、888M × GX1F、888M × GX1M 及 UH13 × GX1F 等 5 個為籽粒產量表現較高的雜種優勢模式組合，可為籽粒產量育種應用材料。

Hi31 × GX1M 新雜種優勢模式群之田間組合力試驗

2012 秋作將 'GX1M' 品種自交分離培育至 S_5 世代之自交系 25 個，再與 Hi31 進行雜交種生產。25 個雜交種組合力評估，顯示 25 個新的雜交組合其產量的表現明顯高於對照種「台農 1 號」(表 4)。參試雜交種之開花期介於 52–58 d，以 1M-4 × Hi31 最晚開花，而對照種「台農 1 號」及 1M-9 × Hi31、1M-18 × Hi31 較早開花，三者間無明顯差異。參試雜交種吐絲期介於 56–59 d，以 1M-4 × Hi31、

表 3. 2000 年秋作硬質玉米雜交組合籽粒產量。

Table 3. Grain yield of new hybrids in the fall cropping season of 2000.

Cross	GX1F (kg ha^{-1})	GX1F (%)	GX1M (kg ha^{-1})	GX1M (%)	Mean (kg ha^{-1})	Mean (%)
Hi31	8,777	117.7	9,672	129.7	9,449	126.7
ICAL210	7,280	97.6	7,882	105.7	7,581	101.7
Ind M	7,134	95.7	8,382	112.4	7,758	104.1
TA1410	7,612	102.1	8,112	108.8	7,862	105.5
UH 13	9,006	120.8	6,760	90.7	7,883	105.7
Ind F	6,843	91.8	8,236	110.5	7,539	101.1
TA2598	7,966	106.8	8,091	108.5	8,028	107.7
SW646	7,737	103.8	8,195	109.9	7,966	106.8
888 M	9,152	122.8	8,632	115.8	8,892	119.3
Mean	7,945	106.6	8,218	110.2	-	-
TNG 1	7,452	100.0	7,452	100.0	-	-

表 4. 2012 年秋作硬質玉米 GX1M 分離系與 Hi31 新雜交組合農藝性狀之平均值 (霧峰農試所)。

Table 4. Performances of GX1M × Hi31 new hybrids in the fall cropping season of 2012 (TARI, Wufeng).

Cross	Days to tasseling (day)	Day to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Dry ear weight (kg $9.6m^{-2}$)	Kernel weight (kg $9.6m^{-2}$)	Shelling percentage (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Row number (No.)	100-kernel weight (g)	Kernel length (mm)
1M-1 × Hi31	54	57	226	114	6.9	5.9	85.5	17.2	50	14.0	44.0	13.0
1M-2 × Hi31	57	58	217	105	6.9	6.1	88.4	18.0	48	15.2	41.0	12.7
1M-3 × Hi31	56	58	226	103	7.1	6.1	85.9	16.4	51	16.0	45.8	13.1
1M-4 × Hi31	58	59	229	104	7.0	6.1	87.1	18.0	51	16.4	43.2	13.3
1M-5 × Hi31	55	57	228	108	7.0	6.1	87.1	18.2	51	16.0	41.8	13.5
1M-6 × Hi31	56	58	239	115	7.8	6.7	85.8	16.4	47	15.2	37.4	13.6
1M-7 × Hi31	54	56	226	95	7.0	6.0	85.7	18.2	50	14.0	47.0	13.9
1M-8 × Hi31	55	58	226	99	7.9	7.0	88.6	17.8	51	15.2	43.0	13.2
1M-9 × Hi31	53	56	225	100	6.6	5.7	86.3	17.6	50	14.8	43.8	13.3
1M-10 × Hi31	55	56	232	110	8.8	7.8	88.6	17.2	51	15.6	45.6	14.3
1M-11 × Hi31	55	56	234	111	7.2	6.2	86.1	18.4	51	15.8	42.2	12.5
1M-12 × Hi31	56	58	225	105	7.2	6.4	88.8	17.8	50	15.2	43.8	13.4
1M-13 × Hi31	54	56	221	99	7.4	6.1	82.4	18.4	49	15.6	44.8	12.5
1M-15 × Hi31	56	59	222	100	11.0	9.5	86.3	16.6	49	15.6	45.8	12.5
1M-16 × Hi31	54	56	230	110	7.5	6.5	86.6	18.4	51	16.8	40.4	13.9
1M-17 × Hi31	57	59	226	111	6.6	5.7	86.3	19.0	48	16.0	47.8	13.4
1M-18 × Hi31	52	55	217	103	7.2	6.2	86.1	18.0	52	17.6	48.2	14.0
1M-19 × Hi31	56	59	213	98	7.4	6.3	85.1	15.0	49	15.2	44.6	13.9
1M-20 × Hi31	54	56	220	105	8.9	7.9	88.7	20.0	50	15.6	47.4	13.9
1M-21 × Hi31	55	58	212	105	7.7	6.7	87.0	18.4	48	15.6	38.6	13.3
1M-22 × Hi31	55	57	217	97	6.7	5.7	85.0	17.0	48	16.4	40.8	12.6
1M-23 × Hi31	55	57	240	105	7.4	6.3	85.1	16.4	46	14.8	42.4	12.3
1M-24 × Hi31	56	57	232	105	9.0	7.9	87.7	16.6	49	16.0	43.2	13.4
1M-25 × Hi31	55	59	224	104	8.9	7.7	86.5	18.2	51	16.8	48.2	12.9
1M-26 × Hi31	54	57	219	111	7.4	6.2	83.7	18.2	51	18.0	40.6	11.6
TNG1	53	56	215	103	5.3	4.4	83.8	15.9	46	16.0	40.4	12.3
$LSD_{0.05}$	2	2	15	12	0.8	0.7	2.5	1.2	2	1.2	2.5	1.2

Planting date: Sep. 19, 2012; Harvest date: Feb. 20, 2013.

1M-15 × Hi31、1M-17 × Hi31、1M-19 × Hi31 及 1M-25 × Hi31 最晚吐絲，皆為 59 d，而對照種「台農 1 號」、1M-7 × Hi31、1M-9 × Hi31、1M-10 × Hi31、1M-11 × Hi31、1M-13 × Hi31、1M-16 × Hi31、1M-18 × Hi31 及 1M-20 × Hi3 屬於較早吐絲的雜交組合。參試雜交種之株高介於 212–240 cm，以 1M-6 × Hi31 及 1M-23 × Hi31 株高較高，而 1M-19 × Hi31 及 1M-21 × Hi31 株高較矮。參試雜交種之穗位高介於 95–115 cm，以 1M-1 × Hi31 及 1M-6 × Hi31 表現較高之穗位高，而 1M-7 × Hi31 穗位高較低。乾果穗重參試雜交種之表現介於 6.6–11.0 kg 9.6m^{-2}，以 1M-15 × Hi31 及 1M-10 × Hi31、1M-20 × Hi31、1M-24 × Hi31、1M-25 × Hi31 具有較高之乾果穗重。籽粒乾重參試雜交種之表現介於 5.7–9.5 kg 9.6m^{-2}，以 1M-15 × Hi31 具有最高之乾籽粒重，其次為 1M-10 × Hi31、1M-20 × Hi31、1M-24 × Hi31、1M-25 × Hi31 分別為 7.8、7.9、7.9 和 7.7 kg 9.6m^{-2}。參試雜交種之脫粒率介於 82.4–88.8%，以 1M-12 × Hi31 具有最高之脫粒率。穗長參試雜交種之表現介於 15.0–20.0 cm，以 1M-11 × Hi31、1M-13 × Hi31、1M-16 × Hi31、1M-17 × Hi31、1M-20 × Hi31 及 1M-21 × Hi31 具有較長之穗長。穗徑之變異參試雜交種介於 46–52 mm。參試雜交種之行數介於 14–18，以 1M-26 × Hi31 最多。參試雜交種之百粒重介於 37.4–48.2 g，以 1M-18 × Hi31 及 1M-25 × Hi31 具有較重之百粒重。參試雜交種之籽粒深度介於 11.6–14.3 mm，以 1M-10 × Hi31 及 1M-18 × Hi31 具有較深之籽粒。

乾果穗表現最高產的 5 個新雜交組合與對照種「台農 1 號」(5.3 kg 9.6m^{-2}) 比較，其乾穗重表現在 8.8–11.0 kg 9.6m^{-2} 之間，其果穗乾重較「台農 1 號」增產率介於 66–107.5%。籽粒乾重表現最高產的 5 個新雜交組合與對照種「台農 1 號」(4.4 kg 9.6m^{-2}) 比較，其籽粒乾重表現在 7.7–9.5 kg 9.6m^{-2} 之間，其籽粒乾重較「台農 1 號」增產率介於 75–115.9%；最高產的 5 個新雜交組合其脫粒率、穗徑、百粒重等皆比對照種「台農 1 號」高 (表 5)。

表 5. 2012 年秋作硬質玉米 GX1M 分離系與 Hi31 較優雜交 5 個組合之農藝性狀之平均值 (霧峰農試所)。

Table 5. Performances of GX1M × Hi31 new hybrids in the fall cropping season of 2012 (TARI, Wufeng).

Cross	Dry ear weight (kg 9.6m^{-2})	Dry ear weight (+ %)	Kernel weight (kg 9.6m^{-2})	Kernel weight (+ %)	Shelling percentage (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Row number (No.)	100-kernel weight (g)	Kernel length (mm)
1M-10 × Hi31	8.8	66.0	7.8	77.2	88.6	17.2	51	15.6	45.6	14.3
1M-15 × Hi31	11.0	107.5	9.5	115.9	86.3	16.6	49	15.6	45.8	12.5
1M-20 × Hi31	8.9	67.9	7.9	79.5	88.7	20.0	50	15.6	47.4	13.9
1M-24 × Hi31	9.0	69.8	7.9	79.5	87.7	16.6	49	16.0	43.2	13.4
1M-25 × Hi31	8.9	67.9	7.7	75.0	86.5	18.2	51	16.8	48.2	12.9
TNG1	5.3	-	4.4	-	83.8	15.9	46	16.0	40.4	12.3
$LSD_{0.05}$	0.8	-	0.67	-	2.5	1.2	2	1.2	2.5	1.2

Planting date: Sept. 19, 2012; Harvest date: Feb. 20, 2013.

‘GX1M’ 品種自交分離自交系與 Hi31 較優新雜品系產量比較試驗

2013 春作將 ‘GX1M’ 品種自交分離之自交系與 Hi31 進行雜交種組合力評估試驗所選取籽粒最高產的 4 個新雜交組合加上對照種 (「台農 1 號」及「台南 24 號」) 於雲林崙背試區進行新品系比較試驗，結果顯示在開花期的表現，1M-10 × Hi31、1M-15 × Hi31、1M-20 × Hi31 表現與「台農 1 號」、及「台南 24 號」相近皆為 61 d，而 1M-24 × Hi31 則晚 3 d 開花。吐絲期的表現，1M-10 × Hi31、1M-15 × Hi31、1M-20 × Hi31 表現與「台農 1 號」、及「台南 24 號」相近皆為 63 d，而 1M-24 × Hi31 則晚 2 d 吐絲。4 個新雜交組合之株高在 231–246 cm，與對照種「台農 1 號」(235 cm) 及「台南 24 號」(241 cm) 無明顯差異。穗位高的表現 4 個新雜交組合在 115–125 cm，與對照種「台農 1 號」(130 cm) 及「台南 24 號」(106 cm) 無明顯差異。4 個新雜交組合其籽粒產量介於 5,762–8,273 kg ha^{-1}，其中 1M-10 × Hi31 (8,273 kg ha^{-1}) 與 1M-15 × Hi31 (8,111 kg ha^{-1}) 較對照種「台農 1 號」(6,981 kg ha^{-1}) 增產率分別為 18.5% 及 16.1%；且亦較對照種「台南 24 號」(6,418 kg ha^{-1}) 增產率分別為 28.9% 及 26.3% (表 6)。1M-20 × Hi31 表現與對照種相近，而 1M-24 × Hi31 表現較對照種低產。4 個新雜交組合其脫粒率在 84.8–87.4%，表現較對照種「台南 24 號」高，但與「台農 1 號」無明顯差異。4 個新雜交組合其穗長表現在 21.2–23.6 cm，與對照種無明顯差異。百粒重的表現，4 個新雜交組合與「台農 1 號」相近，但較「台南 24 號」小。籽粒行數 4 個新雜交組合表現在 14.8–16.8 間，較台南 24 號行數 (12.4) 多。田間銹病自然發病等級，4 個新雜交組合與「台南 24 號」均為 1 級 (無病斑)，而「台農 1 號」為 4 級，顯然此 4 個新組合對銹病為害有明顯抗性。

討論

以往台灣玉米栽培與品種選育之種質以溫帶型玉米為主，且大部由美國引入，遺傳基礎

表 6. 2013 春作硬質玉米新品系比較試驗農藝性狀之平均值 (崙背試區)。

Table 6. Performances of new hybrids in the spring cropping season of 2013 (Luenbey).

Cross	Days to tasseling (day)	Day to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Kernel weight (kg ha^{-1})	Shelling percentage (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Row number (No.)	100-kernel weight (g)	Rust (1–5)
1M-10 × Hi31	61	63	245	116	8,273	86.6	21.8	43	16.8	28.2	1
1M-15 × Hi31	61	63	246	125	8,111	85.3	22.2	43	15.2	28.4	1
1M-20 × Hi31	61	63	238	115	7,257	87.4	23.6	47	16.0	27.8	1
1M-24 × Hi31	64	65	231	115	5,762	84.8	21.2	47	14.8	28.2	1
TN24	61	63	241	106	6,418	80.5	22.6	48	12.4	32.8	1
TNG1	61	63	235	130	6,981	86.1	22.0	45	14.0	28.6	4
$LSD_{0.05}$	2	2	25	18	930	2.1	2.5	2	1.6	2.0	1

Planting date: March 18, 2013; Harvest date: June 30, 2013.

愈益窄化，故在產量及抗銹病育種上遭遇瓶頸，近年乃由中南半島泰國及大陸廣西省等地區引進熱帶型與亞熱帶型種源，利用其豐富的遺傳變異性和特殊的抗逆境、抗病蟲害，且遺傳差異大等因素來擴大台灣玉米種質之遺傳基礎、適應性和增加抗病性。目前台灣雲嘉南地區，秋裡作栽培的品種以明豐種苗行由國外引入的「明豐新 3 號」為大宗，此品種為晚熟種具有豐產特性，於 9 月中下旬播種，須至隔年 4 月底方能採收，生長期過長影響春作栽種水稻之輪作制度甚鉅，因此農民急須有中早熟、抗銹病且高產之玉米新品種能於 3 月收穫，春作則可接著栽種水稻來增加農民收益。

硬質玉米硬粒種在籽粒產量、葉面積、營養生長量及株型等有較佳的一般組合力效應；而馬齒種呈現早熟、株型小及營養生長量較小，但具有較佳之特定組合力效應 (Lee *et al*. 1986)。另硬質 (飼料) 及青割玉米在不同粒型組合之籽粒產量及農藝性狀之表現，也呈現異粒型間的組合 (馬齒種 × 硬粒種) 兼具有馬齒種與硬粒種的優點，如營養生長旺盛，葉片、株高及桿莖均大等特性 (Shieh & Thseng 1993)。本研究以 4 個溫帶型自交系及 5 個熱帶型自交系與新引入中國大陸廣西省之 2 個玉米種原為材料，探討是否存在籽粒產量表現較優之雜種優勢模式群，結果發現溫帶型馬齒種與熱帶型硬粒種不同型間具雜種優勢，同時亦存在屬熱帶型與熱帶型的雜種優勢模式組合，18 個測交種籽粒產量的表現為 7,134–9,672 kg ha^{-1}，就籽粒產量雜種優勢表現結果，顯示有 5 個組合具有較高的雜種優勢表現，其中 Hi31 × GX1F、Hi31 × GX1M 與 UH13 × GX1F 等 3 個組合屬溫帶型馬齒種與熱帶型硬粒種不同型間之雜種優勢模式群，同時具有中早熟特性，適合雲嘉南地區秋裡作栽培硬質玉米之耕作模式，可為中早熟硬質玉米籽粒產量育種應用材料。本研究與 Hu *et al*. (1999)、Cheng *et al*. (2000)、Li *et al*. (2001)、Sun *et al*. (2007) 等研究顯示不同地區的溫帶型與熱帶型異型種原間具有優良的雜種優勢存在之結果相近。而 888M × GX1F、888M × GX1M 等 2 個屬於熱帶型與熱帶型中晚熟品種之雜種優勢模式組合，亦可為中晚熟型之籽粒產量育種應用之優良雜種優勢模式群。

玉米雜種優勢類群的劃分及雜種優勢模式的建立，一般是依育種目的，將大量自交系親本材料進行雜交種生產，再通過組合力檢定和雜種優勢實際表現來選留高產的雜交種，或是根據育種家的經驗，先經過分析親本材料的地理及種原間之親緣關係，將玉米種質合理劃分為適合不同地區或季節的雜種優勢群，並建立起相應的雜種優勢模式，如此則可大大減少盲目性的雜交工作量，並明顯提高育種效率。本研究結果得知 Hi31 與 ‘GX1M’ 品種間存在最高籽粒產量之雜種優勢表現，同時具有中早熟特性，適合雲嘉南地區秋裡作栽培硬質玉米之耕作模式，乃將 ‘GX1M’ 品種優先進行自交培育自交系，然後自交系再與 Hi31 進行雜交種生產，組合力評估及新品系比較試驗。在秋作栽培季節，25 個新雜交種組合力評估試驗，顯示新的雜交組合其產量的表現明顯高於對照種「台農 1 號」，最高產的 5 個新雜交組合其籽粒乾重表現在 7.7–9.5 kg 9.6m^{-2} 之間，其籽粒乾重較「台農 1 號」增產率介於 75–115% (表 5)。同時其脫粒率、穗徑、百粒重等皆比對照種「台農 1 號」高。實際的田間驗證顯示 Hi31 與 ‘GX1M’ 品種的分離自交系間存在籽粒產量之高雜種優勢。在春作栽培環境，選取籽粒產量最高產的 4 個新雜交組合加上中早熟型的對照種「台農 1 號」及「台南 24 號」進行新品系比較試驗，結果 4 個新雜交組合其籽粒產量介於 5,762–8,273 kg ha^{-1}，其中 1M-10 × Hi31 (8,273 kg ha^{-1}) 與 1M-15 × Hi31 (8,111 kg ha^{-1}) 較對照種「台農 1 號」(6,981 kg ha^{-1}) 增產率分別為 18.5% 及 16.1%；且亦較對照種「台南 24 號」(6,418 kg ha^{-1}) 增產率分別為 28.9% 及 26.3%，同時在自然田間下對銹病有很強的抗病性。此研究顯示先進行種原間雜種優勢表現優劣之評估試驗後，再針對有高籽粒產量之雜種優勢群的材料進行自交系選育，並按照高產雜優模式配組雜交組合，可大大減少盲目性與人力的付出，在硬質 (飼料) 玉米雜交育種方面對籽粒產量的增加與效率的提升非常有用。

引用文獻

Cheng, Y. H., L. M. Wang, and J. R. Dai. 2000. Potential of germplasm improvement using tropical, subtropical inbred lines for Chinese temperate germplasm of maize. J. China Agric. Univ. 5(1):50–57. (in Chinese with English abstract)

Hallauer, A. R. and D. Malithano. 1976. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding population. Euphytica 25:117–127.

Hu, X. A., F. G. Wu, L. M. Wei, and B. Zhao. 1999. Research and utilization for tropical and subtropical corn germplasms. J. Abroad Agric. Grains Crop 19(3):4–9. (in Chinese with English abstract)

Kim, S. K. and S. O. Ajala. 1996a. Combining ability of tropic maize germplasm in West Africa I. Open-pollinated varieties. Maydica 41:127–134.

Kim, S. K. and S. O. Ajala.1996b. Combining ability of tropic maize germplasm in West Africa II. Tropical vs temperate × tropical origins. Maydica 41:135–141.

Lee, T. C., G. J. Shieh, C. L. Ho, and J. R. Juang. 1986. Analysis of diallel sets of dent and flint maize inbreds for combining ability and heterosis. J. Agric. Res. China 35:145–164. (in Chinese with English abstract)

Li, X. H., S. Z. Xu, and J. S. Li. 2001. Combining ability on ten tropical and subtropical maize populations. J. Maize Sci. 9(1):1–5. (in Chinese with English abstract)

Liu, S. K. and G. J. Shieh. 2012. Relation between genetic distance and yield in different varieties of super sweet corn. J. Taiwan Agric. Res. 61:22–31. (in Chinese with English abstract)

Reif, J. C., A. E. Melchinger, X. C. Xia, M. L. Warburton, D. A. Hoisington, S. K. Vasal, G. Srinivasan, M. Bohn, and M. Frisch. 2003. Genetic distance based on simple sequence repeats and heterosis in tropical maize populations. Crop Sci. 43:1275–1282.

Shieh, G. J. and F. S. Thseng. 1993. Effect of crop season on combining ability performance of grain yield and agronomic traits with respect to combination between different kernel type in maize. J. Agric. Res. China 42:356–369. (in Chinese with English abstract)

Sun, C. T., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, X. Z. Li, B. I. Huang, and X. M. Fan. 2007. Studies on combining ability of agronomic characteristics between temperate and tropical maize inbred lines. J. Maize Sci. 15(3):36–41. (in Chinese with English abstract)

Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in triopics. p.59–84. *in*: Maize Breeding and Genetics. (Walden, D. B., ed). Wiley. New York. 794 pp.

Studies on Heterotic Patterns of Horneous Endosperm Corn in Taiwan

Guang-Jauh Shieh[1,*] and Yu-Ru Chen[2]

Abstract

Shieh, G. J. and Y. R. Chen. 2017. Studies on heterotic patterns of horneous endosperm corn in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):15–25.

The assessment trials of new maize germplasm heterotic groups were included 18 crosses between 9 inbred testers and the two targeting varieties, ‘GX1F’ and ‘GX1M’. The kernel yield of these 18 testcross hybrids were from 6,760 to 9,672 kg ha^{-1}, and the top 5 crosses with high kernel yield were Hi31 × GX1F, Hi31 × GX1M, 888M × GX1F, 888M × GX1M, and UH13 × GX1F. The inbred testers, Hi31 and 888M, had better common and special combining abilities. Because the cross of Hi31 and ‘GX1M’ showed the best kernel yield, 25 hybrids from the crosses between the Hi31 tester and the S_5 progenies of the ‘GX1M’ variety were developed for the combination assessment and yield trials. The combination assessment trials of 25 hybrids showed that the yields of all hybrids were significantly higher than the control variety ‘TNG No. 1’. The dry kernel yield of the five highest new combinations were from 7.7 to 9.5 kg 9.6m^{-2}, which were increased as 75% to 115% of the dry kernel yield of the ‘TNG No. 1’. In addition, the shelling percentage, ear diameter, and 100-kernel weight of these five hybrids were also better than those of the control variety ‘TNG No. 1’. The trials demonstrated that Hi31 had heterotic relationship to the inbred strains derived from the ‘GX1M’.

Key words: Horneous endosperm corn, Tropical, Temperate, Heterotic pattern.

Received: January 26, 2016; Accepted: May 4, 2016.
* Corresponding author, e-mail: x486045@tari.gov.tw
1 Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
2 Assistant Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):26–33 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.04 研究報告

不同品種 (系)、植期與貯藏處理之生甘藷抗性澱粉含量研究

利幸貞[1,*] 賴永昌[2]

摘要

利幸貞、賴永昌。2017。不同品種 (系)、植期與貯藏處理之生甘藷抗性澱粉含量研究。台灣農業研究 66(1):26–33。

抗性澱粉屬於膳食纖維的指標成分之一，本研究以不同甘藷品種 (系)、植期與貯藏處理來探討生甘藷之抗性澱粉含量研究。試驗結果顯示，甘藷塊根抗性澱粉含量在品種 (系) 與期作間具有極顯著交感效應。抗性澱粉與直鏈澱粉含量在不同甘藷品種 (系) 間有差異，由期作間比較，春作植期明顯高於秋作植期，且抗性澱粉與直鏈澱粉含量在春作植期兩成分具有極顯著正相關。甘藷塊根經過貯藏，各品種 (系) 所含之抗性澱粉含量無明顯的變化，但就甘藷選育及貯運目的之考量，仍以其抗性澱粉含量明顯較高又較耐貯藏之品系為佳。

關鍵詞：甘藷、抗性澱粉、直鏈澱粉、膳食纖維。

前言

抗性澱粉是近年來國際上新興的食品科技研究重點，這類澱粉因無法被人體消化酵素水解，通過腸道後被大腸中微生物或益生菌發酵，產生有益於生理代謝之短鏈脂肪酸 (short chain fatty acid)，這些脂肪酸經由腸道吸收並經血液循環而抑制肝臟中糖解作用 (glycolysis) 及肝糖分解作用 (glycogenolysis) 的進行，身體能量需求則藉由脂肪組織分解來提供。因此，抗性澱粉能減少體脂肪堆積與促進腸道蠕動，被視為膳食纖維的一種 (Englyst & Hudson 1996; Birt *et al*. 2013)。抗性澱粉被區分為 4 大類型：第 1 類型 (RS1)：無法被腸道中消化酵素所分解之澱粉類物質，存在於種子、豆莢類及未加工之全穀類。第 2 類型 (RS2)：生的、未經烹煮的澱粉類食物，其澱粉結構排列緊密，使澱粉酶難以完全分解，如生馬鈴薯、青香蕉。第 3 類型 (RS3)：澱粉類食物經烹煮後，冷卻貯存後產生的老化澱粉，如烤麵包、放涼後的馬鈴薯、米飯或麵製食品。第 4 類型 (RS4)：非存在於自然界，經實驗室利用化學或物理方法由直鏈澱粉純化出來。抗性澱粉亦屬於膳食纖維的指標成分之一，本研究之目的擬藉由探討不同甘藷品種 (系) 之抗性澱粉含量高低與貯藏期對甘藷塊根抗性澱粉含量之影響，並調查不同植期甘藷塊根之抗性澱粉與直鏈澱粉含量變化與相關性分析，以作為品種選育之參考。同時，亦探討利用分析甘藷塊根澱粉酶活性測定 (falling number method)，應用於塊根抗性澱粉含量快速簡易分析技術的可行性。

材料與方法

不同甘藷品種 (系) 及貯藏期處理之抗性澱粉含量比較

試驗材料：以 2013 年採收之秋作甘藷「台

投稿日期：2016 年 3 月 15 日；接受日期：2016 年 5 月 25 日。
* 通訊作者：hsinchen@dns.caes.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系前助理研究員。台灣 嘉義市。
[2] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系研究員兼系主任。台灣 嘉義市。

農 57 號」及「台農 66 號」品種及高級試驗品系包括 CYY99-01、CYY99-11、CYY99-15、CYY99-23、CYY99-38、CYY99-40、CYY99-42、CYY99-46、CYY99-68、CYY99-72、CYY99-74、CYY99-75、CYY99-80 共 13 個品系為試驗材料。

採收時間及處理：秋作種植 5 個月後採收，貯藏條件為 15℃，相對濕度 (relative humidity; RH) 95–100%，於貯藏後 1、2、3、4、5、6 個月共 6 個貯藏取樣時期。每品種 (系) 取 3 個約 200–250 g 之甘藷塊根，經冷凍乾燥製成凍粉，進行抗性澱粉含量分析。

不同植期對甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉含量之影響

試驗材料：以 2014 年秋作種植及 2015 年春作種植之甘藷「台農 57 號」與「台農 66 號」品種及高級試驗品系包括：CYY103-S134、CYY103-S110、CYY103-S99、CYY103-S13、CYY103-S6、CYY103-S143、CYY103-10、CYY103-66、CYY103-166、CYY103-152、CYY98-03、CYY98-04、CYY98-08、CYY98-10 共 14 個品系為試驗材料。

採收時間及處理：秋作及春作均於種植 5 個月後採收，採收後每品種 (系) 取 5 個約 200–250 g 之甘藷塊根經冷凍乾燥製成凍粉，進行抗性澱粉與直鏈澱粉含量分析。

抗性澱粉含量分析

以 Megazyme 之 Resistant starch assay kit 方法進行分析。分析步驟主要為：(1) hydrolysis and solubilization of non-resistant starch 與 (2) measurement of resistant starch。其中，應用到的分解酵素包括 amyloglucosidase、pancreatic α-amylase、glucose oxidase/peroxidase (GOPOD) reagent buffer、D-glucose standard solution。所需的 buffer 與 solution 包括 sodium maleated buffer (100 mM, pH 6.0)、sodium acetate buffer (1.2 M, pH 3.8)、sodium acetate buffer (100 mM, pH 4.5)、potassium hydroxide solution (2 M) 及 aqueous ethanol (50%, v/v)。

直鏈澱粉含量分析

以 AACC Method 61-03 分析法進行樣品分析 (Leszczynski 2004)。

澱粉酶活性測定

以 Falling Number Method (S-141 05 Huddinge, Perten Instruments, Sweden) 進行，取 6 g ± 0.05 g 凍粉置入試管 (original test-tube, tolerance I.D. ± 0.02 mm) 中，加入 25 mL 純水，進行震盪 (Shakematic 1090) 後測定 (Falling Number 1800)。

試驗分析

本試驗應用 SAS 統計軟體進行數據之整理與分析，利用 Proc means、Procglm 及 Proccorr 等程式進行平均值與標準差、變方分析及相關性之分析。

結果

不同甘藷品種 (系) 及貯藏期處理之抗性澱粉含量比較

比較甘藷塊根所含抗性澱粉含量在品種 (系) 間有差異，「台農 57 號」品種之抗性澱粉含量明顯高於「台農 66 號」，而供試的 13 個品系中 CYY99-72 及 CYY99-74 之抗性澱粉含量明顯較「台農 66 號」品種高，但與「台農 57 號」品種無明顯差異；而 CYY99-01、CYY99-38 及 CYY99-8、CYY99-11、CYY99-15、CYY99-40、CYY99-42、CYY99-46 及 CYY99-80 之抗性澱粉含量無明顯差異；供試品系中以 CYY99-23 及 CYY99-75 之抗性澱粉含量最低，不及 1% (圖 1)。而甘藷塊根經過貯藏，各品種 (系) 之抗性澱粉含量無明顯的變化。但 CYY99-38 於貯藏第 4 個月；「台農 66 號」品種、CYY99-75 於貯藏第 5 個月；CYY99-23、CYY99-80 於貯藏第 6 個月因塊根不耐貯藏腐損而無法取樣分析 (圖 2)。

不同植期對甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉含量之影響

甘藷塊根中抗性澱粉與直鏈澱粉含量，在品種 (系) 與期作間交感效應呈極顯著 (表

1)；即不同甘藷品種 (系) 在期作間抗性澱粉與直鏈澱粉含量有差異。在不同甘藷品種 (系) 之抗性澱粉含量比較上，秋作採收之塊根以 CYY103-S99、CYY103-S13 之抗性澱粉含量較高，平均達 4% 以上；CYY103-S143、CYY103-166、CYY98-03、CYY98-10 之抗性澱粉含量平均達 3% 以上，CYY103-S6、CYY103-152、CYY98-04 之抗性澱粉含量平均達 2% 以上，均較「台農 57 號」與「台農 66 號」品種高；CYY103-S134、CYY103-S110、CYY103-10 之抗性澱粉含量較低，平均不及 1%。而在春作採收之塊根，除「台農 66 號」品種、CYY103-10、CYY103-166 之抗性澱粉含量與秋作採收之塊根無明顯變化外。而在秋作採收，抗性澱粉含量高之 CYY103-S99 與 CYY103-S13，在春作採收之塊根，其抗性澱粉含量變化明顯不同，CYY103-S99 呈顯著增加，但 CYY103-S13 則在兩期作間含量變化不顯著。「台農 57 號」品種及供試品系 CYY103-S134、CYY103-S110、CYY103-S99、CYY103-S6、CYY103-S143、CYY103-66、CYY103-152、CYY98-03、CYY98-04、CYY98-08、CYY98-10 其抗性澱粉含量均明顯較秋作採收之塊根高，其中又以 CYY103-S134、CYY103-S6、CYY103-S143、CYY103-152 及 CYY98-04 增加較多，達約 5–8%。在不同甘藷品種 (系) 之直鏈澱粉含量比較上，除「台農 57 號」品種、CYY103-S110、CYY103-10 及 CYY103-66 外，其餘供試之品種 (系) 在春作採收之塊根均較秋作採收之塊根含量高 (表 2)。將兩期作塊根之抗性澱粉與直鏈澱粉含量進行相關性分析，在秋作植期不顯著 (圖 3)，但在春作植期具有顯著正相關 (圖 4)。

討論

抗性澱粉亦屬於膳食纖維的指標成分之一，膳食纖維主要是指不能被人體的酵素所

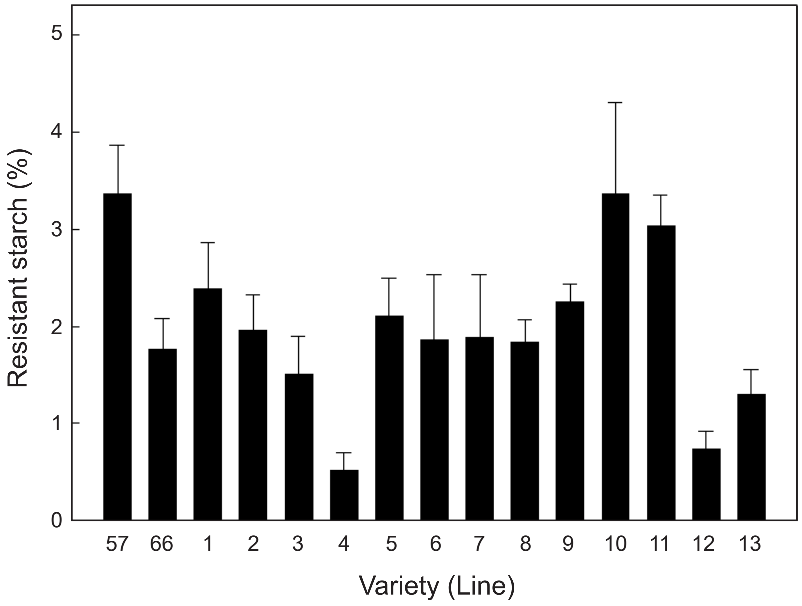

圖 1. 不同甘藷品種 (系) 抗性澱粉含量比較。57：‘TNG57’、66：‘TNG66’、1：CYY99-01、2：CYY99-11、3：CYY99-15、4：CYY99-23、5：CYY99-38、6：CYY99-40、7：CYY99-42、8：CYY99-46、9：CYY99-68、10：CYY99-72、11：CYY99-74、12：CYY99-75、13：CYY99-80。

Fig. 1. Changes of resistant starch content in different varieties/lines of sweet potato. 57: ‘TNG57’; 66: ‘TNG66’; 1: CYY99-01; 2: CYY99-11; 3: CYY99-15; 4: CYY99-23; 5: CYY99-38; 6: CYY99-40; 7: CYY99-42; 8: CYY99-46; 9: CYY99-68; 10: CYY99-72; 11: CYY99-74; 12: CYY99-75; and 13: CYY99-80.

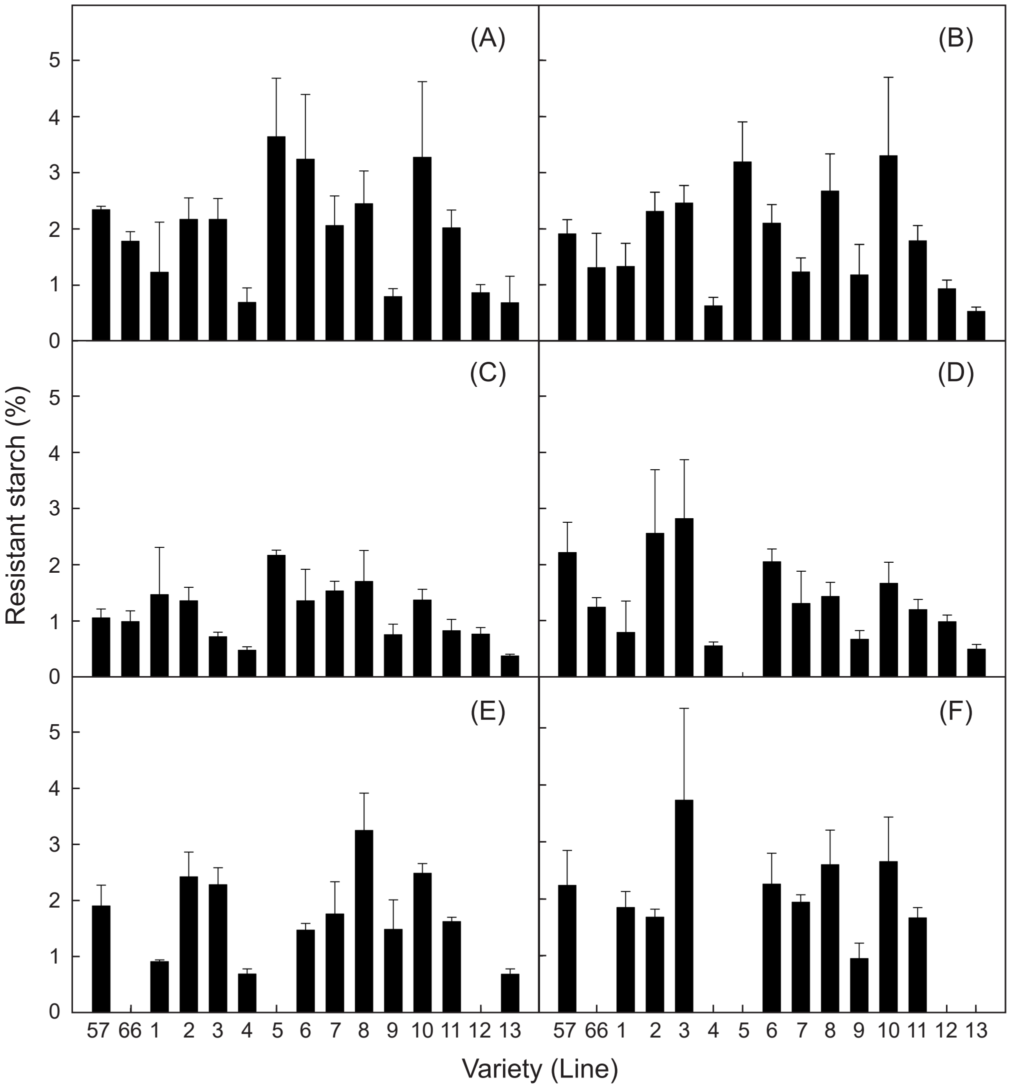

圖 2. 不同甘藷品種 (系) 貯藏期處理之抗性澱粉含量比較。57：‘TNG57’、66：‘TNG66’、1：CYY99-01、2：CYY99-11、3：CYY99-15、4：CYY99-23、5：CYY99-38、6：CYY99-40、7：CYY99-42、8：CYY99-46、9：CYY99-68、10：CYY99-72、11：CYY99-74、12：CYY99-75、13：CYY99-80。

Fig. 2. Changes of resistant starch content in different varieties (lines) of sweet potato during storage period. (A) Storage 1 month; (B) storage 2 months; (C) storage 3 months; (D) storage 4 months; (E) storage 5 months; and (F) storage 6 months. 57: ‘TNG57’; 66: ‘TNG66’; 1: CYY99-01; 2: CYY99-11; 3: CYY99-15; 4: CYY99-23; 5: CYY99-38; 6: CYY99-40; 7: CYY99-42; 8: CYY99-46; 9: CYY99-68; 10: CYY99-72; 11: CYY99-74; 12: CYY99-75; and 13: CYY99-80.

消化的多醣類與木質素，主要來源為植物組織中除澱粉外之碳水化合物及木質素，多醣類則以纖維素、半纖維素、果膠質等細胞壁多醣為主。總膳食纖維為水溶性膳食纖維與非水溶性膳食纖維之總合。自 1950 年代開始，膳食纖維的研究受到各國的重視。甘藷塊根中澱粉含量占乾物率約 70%，根據本試驗之分析比較，甘藷塊根品種 (系) 間抗性澱粉含量有顯著差異，且抗性澱粉與直鏈澱粉含量在品種 (系) 與期作間具有極顯著交感效應，即不同品種 (系) 甘藷在期作間的表現有差異。澱粉是甘藷的主要成分，其組成主要包括直鏈

表 1. 期作與品種 (系) 對甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉含量影響之變方分析。

Table 1. Analysis of variance for the effects of crop seasons and varieties (lines) on the resistant starch and amylose of sweet potato.

Source of variance	df	MS
Resistant starch		
Crop season (CS)	1	507.08**
Varieties (lines) (L)	15	32.47**
CS * L	15	17.28**
Amylose		
Crop season (CS)	1	854.33**
Varieties (lines) (L)	15	109.02**
CS * L	15	45.70**

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 2. 不同甘藷品種 (系) 之抗性澱粉與直鏈澱粉含量於期作之表現。

Table 2. The resistant starch and amylose content (%) of sweet potato in different cropping seasons.

	Fall season		Spring season	
Line	Resistant starch (%)	Amylose (%)	Resistant starch (%)	Amylose (%)
57[z]	1.85 ± 0.81*	35.99 ± 1.05*	3.14 ± 0.75	34.45 ± 3.05
66	1.28 ± 0.31	33.72 ± 0.83	1.26 ± 0.36	36.97 ± 1.57
1	0.62 ± 0.16	33.02 ± 1.89	6.10 ± 1.96	40.44 ± 2.75
2	0.99 ± 0.17	30.11 ± 1.01	2.12 ± 0.90	30.14 ± 3.66
3	4.03 ± 1.36	32.06 ± 0.50	8.88 ± 3.31	35.93 ± 2.01
4	4.84 ± 1.01	37.68 ± 1.04	5.84 ± 1.61	42.31 ± 2.47
5	2.05 ± 0.55	34.24 ± 1.33	9.00 ± 1.68	31.75 ± 7.31
6	3.18 ± 0.84	38.69 ± 1.96	9.30 ± 1.41	42.73 ± 3.62
7	0.77 ± 0.18	34.04 ± 1.14	3.55 ± 3.03	32.95 ± 8.21
8	1.91 ± 0.36	28.88 ± 0.38	4.23 ± 0.56	33.18 ± 4.12
9	3.29 ± 0.61	23.45 ± 1.95	2.73 ± 0.70	31.57 ± 2.17
10	2.22 ± 0.49	29.54 ± 0.70	11.03 ± 2.31	41.69 ± 0.84
11	3.54 ± 0.89	31.33 ± 1.29	7.24 ± 1.38	39.03 ± 1.55
12	2.57 ± 0.32	30.11 ± 0.84	7.88 ± 1.44	40.70 ± 1.60
13	1.40 ± 0.49	30.79 ± 1.04	5.07 ± 1.37	37.68 ± 1.07
14	3.20 ± 0.80	29.88 ± 0.55	7.31 ± 2.83	35.96 ± 1.18

[z] 57: 'TNG57'; 66: 'TNG66'; 1: CYY103-S134; 2: CYY103-S110; 3: CYY103-S99; 4: CYY103-S13; 5: CYY103-S6; 6: CYY103-S143; 7: CYY103-10; 8: CYY103-66; 9: CYY103-166; 10: CYY103-152; 11: CYY98-03; 12: CYY98-04; 13: CYY98-08; and 14: CYY98-10.

*Mean ± SD.

澱粉 (amylose) 及支鏈澱粉 (amylopectin)，都是由 D-葡萄糖組成；直鏈澱粉主要以 α-D-(1→4) 鍵結而成，含較少量 α-D-(1→6) 鍵結，而支鏈澱粉以 α-D-(1→4) 和 α-D-(1→6) 的方式鍵結，澱粉鏈的分叉點皆位於 α-D-(1→6) 的鍵結處。在抗性澱粉含量分析上，澱粉水解酵素 (α-amylase) 是重要因子 (Biliaderis 1991)，若能藉由 Falling Number Method 之技術分析甘藷塊根之 α-amylase 含量，進而判斷其抗性澱粉含量高低，將是快速簡易且低

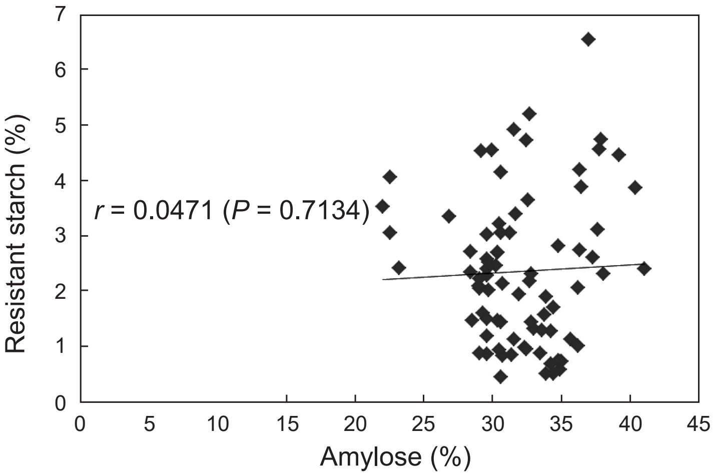

圖 3. 甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉於秋作之相關分析。

Fig. 3. Correlation between resistant starch and amylose of sweet potato in fall cropping season.

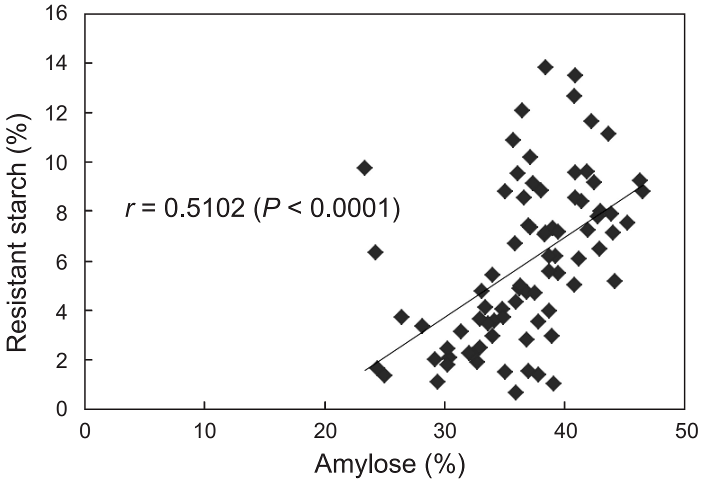

圖 4. 甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉於春作之相關分析。

Fig. 4. Correlation between resistant starch and amylose of sweet potato in spring cropping season.

成本之篩選方法。但本試驗結果顯示，不論是秋作 (P = 0.325) 與春作 (P = 0.581) 之甘藷塊根，其 Falling Number Method 測值與抗性澱粉間並無顯著直線關係 (秋作 P = 0.325；春作 P = 0.581)。探討其原因，應是甘藷屬於 RS3 之抗性澱粉，其含量高低取決於老化直鏈澱粉 (retrograded amylose) 形成之多寡 (Leszczynski 2004)，而影響老化直鏈澱粉的因子除澱粉水解酵素 (α-amylase) 之外，直鏈澱粉、水分含量及加熱過程之澱粉粘糊性均是重要影響因子。因此，無法單純藉由澱粉水解酵素含量多寡來判斷。根據前人研究 (Sagum & Arcot 2000; Leeman *et al*. 2006) 亦指出，含澱粉高之作物如馬鈴薯與稻米等，其直鏈澱粉、水分含量及加熱過程之澱粉粘糊性均會對其抗性澱粉含量造成差異，且品種 (系) 間有顯著差異。本試驗結果，春作採收之甘藷塊根其直鏈澱粉與抗性澱粉含量呈顯著正相關，但秋作採收之甘藷塊根其直鏈澱粉與抗性澱粉含量則沒有顯著相關性，需進一步再行探討；此

外，甘藷利用溼熱處理使其澱粉化學結構、聚合度及晶體構象改變，以提高其老化澱粉比例之方法，仍有待進一步的研究。而貯藏時間長短、貯藏溫度及樣品乾燥處理方法與加工時之加熱溫度與加熱時間長短，均會影響抗性澱粉產生量，在馬鈴薯、小麥、綠熟期香蕉 (first stage of ripening) 及已烘焙完成之烤麵包產品有相關之研究 (Niba 2003; Kim *et al*. 2006; Ezekiel *et al*. 2007; González-Soto *et al*. 2007; Tribess *et al*. 2009)。抗性澱粉在速食產品 (ready-to-eat; RTE) 上也扮演很重要的健康角色，而原料的貯藏時期長短會影響加工產品之抗性澱粉含量，如穀類及蔬菜等 (Namratha *et al*. 2002; Kumari *et al*. 2007)。本試驗之甘藷塊根貯藏於 15℃，相對濕度 95–100% RH 條件下，其抗性澱粉含量受貯藏期影響不明顯。但若是基於育種之耐貯藏考量，則以 CYY99-72 及 CYY99-74 其抗性澱粉含量高又較耐貯藏之品系明顯優於 CYY99-23 及 CYY99-75 之低抗性澱粉含量與不易貯藏。作物成熟度會影響抗性澱粉含量，如不同成熟度採收的香蕉其含量有差異 (Moongngarm *et al*. 2014)；甘藷於春作採收之塊根，其抗性澱粉含量顯著較秋作採收之塊根高，可能與塊根生長發育期之環境溫度與塊根生長速率造成之澱粉結構如直鏈澱粉含量差異上，而抗性澱粉含量與直鏈澱粉含量在春作植期具有極顯著正相關。抗性澱粉的優點包括降低熱量的攝取、利於血糖的控制及調整血脂的代謝，由於抗性澱粉在小腸難消化、血糖上升速度慢，跟一般澱粉相比，不僅較不容易囤積脂肪，連身體吸收到的熱量也相對少 (Leszczynski 2004)；然而抗性澱粉與腸道微生物關係複雜 (Biliaderis 1991; Birt *et al*. 2013)，植物中所含抗性澱粉之功用與人體健康之關係仍須進行更多研究。

引用文獻

Biliaderis, C. G. 1991. Action of α-amylases on amylase-lipid complex superstructures. J. Cereal Sci. 13:129–143.

Birt, D. F., T. Boylston, S. Hendrich, J. Jane, J. Hollis, L. Li, J.McClelland, S. Moore, J. J. Phillips, M. Rowling, K. Schalinske, M. P.Scott, and E.M. Whitley. 2013. Resistant starch: Promise for improving human health. Adv. Nutr. 4:587–601.

Englyst, H. N. and G. J. Hudson. 1996. The classification andmeasurement of dietary carbohydrates. Food Chem. 57:15–21.

Ezekiel, R., G. Rana, N. Singh, and S. Singh. 2007. Physicochemical, thermal and pasting properties of starch separated from γ-irradiatedand stored potatoes. Food Chem. 105:1420–1429.

González-Soto, R. A., R. Mora-Escobedo, H. Hernández-Sánchez, M. Sánchez-Rivera, and L. A. Bello-Pérez. 2007. The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranched banana starch. Food Res. Intl. 40:304–310.

Kim, J. K., E. J. Tanhehco, and P. K. W. Ng. 2006. Effect of extrusionconditions on resistant starch formation from pastry wheat flour. Food Chem. 99:718–723.

Kumari, M., A. Urooj, and N. N. Prasad. 2007. Effect of storage onresistant starch and amylose content of cereal-pulse based ready-to-eat commercial products. Food Chem. 102:1425–1430.

Leeman, A. M., M. E. Karlsson, E. Ann-Charlotte, and I. M. E. Bjorck. 2006. Resistant starch formation in temperature treated potato starches varying inamylose/amylopectin ratio. Carbohydr. Polym. 65:306–313.

Leszczynski, W. 2004. Resistant starch-classification, structure, production. Pol. J. Food Nutr. Sci. 13:37–50.

Moongngarm, A., W. Tiboonbun, M. Sanpong, P. Sriwong, L. Phiewtong, R. Prakitrum, and N. Huychan. 2014. Resistant starch and bioactivecontents of unripe banana flour as influenced by harvesting periodsand its application. AJABS 9:457–465.

Namratha, J., A. Urooj, and N. N. Prasad. 2002. Effect of storage onresistant starch content of processed ready-to-eat foods. Food Chem. 79:395–400.

Niba, L. L. 2003. Effect of storage period and temperature on resistant starch and β-glucan content in cornbread. Food Chem. 83:493–498.

Sagum, R. and J. Arcot. 2000. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and *in vitro* starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. Food Chem. 70:107–111.

Tribess, T. B., J. P. Hernández-Uribe, M. G. C. Méndez-Montealvo, E. W. Menezes, L. A. Bello-Perez, and C. C. Tadini. 2009. Thermalproperties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. LWT -- Food Sci. Technol. 42:1022–1025.

Studies on Varieties (Lines), Crop Season, and Storage Period on Resistant Starch in Fresh Sweet Potato

Hsin-Chen Lee[1,*] and Yung-Chang Lai[2]

Abstract

Lee, H. C. and Y. C. Lai. 2017. Studies on varieties (lines), crop season, and storage period on resistant starch in fresh sweet potato. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):26–33.

Resistant starch is one of the index components for dietary fiber. Analysis of variance for the effects of crop seasons and varieties (lines) on the resistant starch content of fresh tuberous roots of sweet potato indicated that these two factors interacted significantly. A significant difference in contents of resistant starch was found among varieties (lines), and sweet potato grown in Spring crop had higher value than that grown in Fall crop. The correlation coefficient of resistant starch and amylose content was higher in Spring crop. The resistant starch content in fresh tuberous roots of sweet potato was not significantly changed due to different storage periods. In order to conducive to breeding and storage process, the varieties (lines) of sweet potato had a higher resistant starch content in tuberous roots and a good quality during storage period will be a better choice.

Key words: Sweet potato, Resistant starch, Amylose, Dietary fiber.

Received: March 15, 2016; Accepted: May 25, 2016.

* Corresponding author, e-mail: hsinchen@dns.caes.gov.tw

1 Former Assistant Research Fellow, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

2 Research Fellow and Department Head, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):34–43 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.05

研究報告

現行甘藷蟻象 [*Cylas formicarius* (Fabricius)] 防治藥劑之室內藥效評估

陳柏宏[1] 王泰權[1] 黃瓊慧[2] 朱宜芬[2] 黃守宏[3,*]

摘要

陳柏宏、王泰權、黃瓊慧、朱宜芬、黃守宏。2017。現行甘藷蟻象 [*Cylas formicarius* (Fabricius)] 防治藥劑之室內藥效評估。台灣農業研究 66(1):34–43。

本研究目的為檢測現行推薦於甘藷蟻象之 5 種藥劑的防治效力，比較藥劑噴佈法、藷塊浸藥法及藷葉浸藥法處理方式下，藥劑對甘藷蟻象成蟲之致死效果及其殘效性。試驗結果顯示，25% 陶斯松 (chlorpyrifos) 可濕性粉劑、43% 佈飛松 (profenofos) 乳劑及 50% 培丹 (cartap hydrochloride) 水溶性粉劑對成蟲的殺蟲效果較佳，以藷葉浸藥法處理的死亡率於第 3 日可達 100%。此外，除 20% 亞滅培 (acetamiprid) 水溶性粉劑與 20% 達特南 (dinotefuran) 水溶性粒劑以外，殺蟲效果一般隨施用濃度提高而提升。藥劑殘效試驗結果顯示，25% 陶斯松可濕性粉劑以葉片浸藥處理，於處理後第 3 日與第 7 日仍分別保有 100% 與 46% 的殺蟲效果，其餘藥劑於處理後第 3 日的毒殺效果就顯著下降。

關鍵詞：甘藷蟻象、殺蟲劑、防治。

前言

甘藷 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 屬旋花科 (Convolvulaceae) 甘藷屬 (*Ipomoea*) 之植物，為世界第七大重要作物，第三大重要根莖類作物 (Chalfant *et al*. 1990; Jansson & Raman 1991)，原產於熱帶之中、南美洲，引入台灣栽培的歷史已有 400 多年，為重要的糧食及工業原料作物 (Lai *et al*. 2008)。

甘藷蟻象 [sweetpotato weevil, *Cylas formicariusformicarius* (Fabricius)] 為鞘翅目 (Coleoptera)，三錐象鼻蟲科 (Brentidae) 之植食性甲蟲，係台灣甘藷生產過程中的關鍵害蟲之一。該害蟲喜好生長於溫熱的環境，分布範圍廣，遍及亞洲、非洲及美洲的熱帶與亞熱帶地區 (Chalfant *et al*. 1990)。旋花科植物為甘藷蟻象的主要寄主，其中包含甘藷與空心菜 (*Ipomoeaaquatica*) 等重要經濟作物 (Sutherland 1986)。甘藷蟻象成蟲平時取食甘藷葉片與莖部為主，於甘藷塊根形成後亦會危害塊根。成蟲卵產於塊根表皮內，幼蟲孵化後直接蛀食塊根，並導致塊根產生萜類物質 (terpenoids)，散發出苦臭味 (俗稱臭香) 而無法食用，造成嚴重的經濟損失 (Sato & Uritani 1981; Chalfant *et al*. 1990; Huang & Cheng 2008)。在台灣，甘藷蟻象平均為害率為 18.1%，嚴重區域甚至高達 74.9%，當中又以食用甘藷的被害率最高 (Yen *et al*. 1982; Huang 1994)。

又台灣的甘藷蟻象 1 年約可發生 7–8 世代，故需要多加管理以控制田間族群數量及避免危害。現行甘藷蟻象防治技術上，仍仰賴化學藥劑為主，並配合性費洛蒙、微生物製劑及耕作防治等技術為輔 (Chang 1966; Su *et al*. 1988; Huang & Cheng 2008)。然而，

投稿日期：2016 年 4 月 29 日；接受日期：2016 年 6 月 3 日。
* 通訊作者：shhuang@dns.caes.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 嘉義市。
[2] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系研究助理。台灣 嘉義市。
[3] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系副研究員。台灣 嘉義市。

農民常施藥 3–5 次以控制甘藷蟻象為害，因此容易造成過量使用藥劑，導致農藥殘留問題 (Chang 1966; Talekar *et al*. 1985; Huang & Cheng 2008)。早期登記防治甘藷蟻象等地下害蟲的藥劑，多屬系統性且藥效長之藥劑，因此，更加重農產品藥劑殘留之狀況，成為食用及環境安全上的隱憂 (Chalfant *et al*. 1990; Huang 1994)。政府現已將此等農藥禁用，並排除於登記藥劑之列。目前，推薦於防治甘藷蟻象的藥劑僅 2.5% 陶斯松 (chlorpyrifos) 粉劑 1 種 (Plant Protection Manual 2016)，但長期運用同類型藥劑卻又容易使害蟲對藥劑感受性降低，甚至衍生抗藥性的問題 (Chalfant *et al*. 1990; Smith & Hammond 2006)。為此，自 2010 年起，政府陸續以延伸使用方式，新增 20% 亞滅培 (acetamiprid) 水溶性粉劑 50%、培丹 (cartap hydrochloride) 水溶性粉劑、20% 達特南 (dinotefuran) 水溶性粒劑、43% 佈飛松 (profenofos) 乳劑於防治甘藷象鼻蟲類害蟲 (Plant Protection Manual 2016)。

然而，目前無完整試驗揭示延伸使用藥劑對甘藷蟻象之防治效果，因此本研究擬探討登記及延伸使用於甘藷象鼻蟲類之藥劑，比較不同稀釋濃度及施用方式對甘藷蟻象成蟲致死性，並測定藥劑處理後之殘效性，藉此評估藥劑對甘藷蟻象防治效果，提供農民防治選用及藥劑輪替之參考。

材料與方法

供試昆蟲

試驗用甘藷蟻象採集自雲林縣水林鄉田間受危害之甘藷塊根，於室內以「台農 57 號」甘藷塊根累代飼養。飼育室之環境溫度為 25℃ ± 2℃，相對濕度 (RH) 為 60% ± 10%，光暗周期為 12L : 12D，飼養期間內皆無接觸農藥或其他化學物品。

供試藥劑

試驗藥劑共 5 種，分別為 20% 亞滅培水溶性粉劑 (億豐農化廠股份有限公司)、50% 培丹水溶性粉劑 (立農化學股份有限公司)、20% 達特南水溶性粒劑 (惠光股份有限公司)、43% 佈飛松乳劑 (台灣先正達股份有限公司) 及 25% 陶斯松可濕性粉劑 (龍燈生物科技股份有限公司)。前 4 者皆為「植物保護手冊」防治甘藷象鼻蟲類之延伸使用藥劑，另因原登記於防治甘藷蟻象之 2.5% 陶斯松粉劑已少有工廠生產，故以較相近之 25% 陶斯松可濕性粉劑取代以進行檢測。試驗藥劑依登記施用濃度 (20% 亞滅培水溶性粉劑為 2,000×、50% 培丹水溶性粉劑為 1,000×、20% 達特南水溶性粒劑為 3,000×、43% 佈飛松乳劑為 1,000×) 及 2×濃度以蒸餾水稀釋為試驗藥液，25% 陶斯松可濕性粉劑則參照登記防治其他害蟲 (紋白蝶及粉介殼蟲類) 之施用濃度 (1,000×)。另以蒸餾水處理作為對照組。

藥劑噴佈試驗

本試驗以藥劑噴佈蟲體之方式檢測殺蟲效果，係以 10 隻甘藷蟻象成蟲為 1 個重複，以二氧化碳迷昏約 5–10 s，並輕置於墊有圓型濾紙 (diam. 9 cm，Whatman® 定性濾紙) 之塑膠培養皿 (diam. 9 cm) 上。利用高壓噴霧塔 (spray tower, Burkard Manufacturing Co., Ltd., UK) 將供試藥液或蒸餾水均勻噴佈於蟲體，每皿噴灑藥量為 3 mL，每處理 5 重複。處理後蟲體移至墊有濾紙的新培養皿中並上蓋，皿內放置「台農 57 號」甘藷圓片 (diam. 3.5 cm，高 0.4–0.5 cm) 供甘藷蟻象取食。裝載甘藷蟻象之培養皿放於恆溫生長箱中，環境溫度為 25℃ ± 2℃，光暗周期為 12L : 12D。每 24 h 定期觀察、紀錄甘藷蟻象死亡數量，共觀察 3 d。由於甘藷蟻象具假死習性，為避免誤判死亡數，每次觀察前 5–6 h，預先將甘藷蟻象集中至皿內角落，待觀察時則將該小區內不動或無法正常站立、行走者，及其餘區域無法正常站立、行走者視為死亡。

藷塊、藷葉浸藥試驗

本試驗分別檢測浸藥後甘藷塊根與甘藷葉對甘藷蟻象之取食毒性。試驗用藷塊、葉皆取自「台農 57 號」健康甘藷。藷塊、葉於洗淨後，藷塊切為統一大小之圓形薄片 (diam. 3.5 cm，厚 0.4–0.5 cm)，藷葉則挑選約可完整置入塑膠培養皿 (diam. 9 cm) 者進行試驗。將切片藷

塊、藷葉分別浸泡於 400–450 mL 供試藥液或蒸餾水中，浸泡時間約 10 s，浸泡後則將其放置陰涼處風乾 1–2 h。含藥藷塊放置於墊有濾紙之培養皿內 (規格同上述試驗)，含藥藷葉則以葉背朝上之方式平舖於內含 1% 瓊脂的培養皿內。每皿各別置入 10 隻甘藷蟻象成蟲並上蓋，每處理為 5 重複。培養皿放於恆溫生長箱中，環境溫度為 25℃ ± 2℃，光暗周期為 12L : 12D。每 24 h 定期觀察、紀錄甘藷蟻象死亡數量，共觀察 3 d。甘藷蟻象死亡數評判按上述方式進行。

殘留毒性試驗

本試驗測定經不同時間處理後之浸藥甘藷葉對甘藷蟻象的殺蟲效果，係將整株甘藷盆栽地上部完全浸泡於供試藥液或蒸餾水中，再放置陰涼處乾燥。待藷葉晾乾 1–2 h (0 d) 或處理 72 h (3 d)、168 h (7 d) 後，將葉片剪下以進行試驗。檢測、觀察方式同上述藷葉浸藥處理流程，每處理 5 重複，每重複檢測 10 隻成蟲。

統計分析

所有累計死亡率數據經角度轉換後，進行雙因子變方分析 (two-way ANOVA)，若處理間具顯著差異，則以最小顯著差異測驗法 (Fisher's least significant difference test; LSD test) 進行比較。Two-way ANOVA 與 LSD test 之顯著水準皆設定為 0.05。試驗數據以 R project (version 3.2.3) 軟體分析。

結果

藥劑噴佈試驗

施藥後 3 d 之不同藥劑處理間，對甘藷蟻象成蟲之致死效果存在顯著差異 (表 1) (Day 1: $F_{4,40} = 55.76$, $P < 0.05$; Day 2: $F_{4,40} = 130.88$, $P < 0.05$; Day 3: $F_{4,40} = 165.59$, $P < 0.05$)，1×、2× 推薦濃度間於 Day 3 具顯著差異 (Day 3: $F_{1,40} = 7.53$, $P < 0.05$)，Day 1 與 Day 2 差異值未達顯著水準 (Day 1: $F_{1,40} = 1.27$, $P = 0.27$; Day 2: $F_{1,40} = 3.03$, $P = 0.09$)。供試藥劑中，以 43% 佈飛松乳劑與 25% 陶斯松可濕性粉劑的殺蟲效果最高，前者 1×推薦濃度即可達 90% 以上之死亡率，後者 2×推薦濃度亦可造成近 100% 死亡率。其餘 3 種藥劑，無論 1× 或 2×推薦濃度皆無顯著殺蟲效果。

表 1. 利用噴佈方式檢測 5 種藥劑對甘藷蟻象成蟲之殺蟲效果。

Table 1. Adulticidal effects of the 5 insecticides against *C. formicarius* by using directed spraying method[z].

		Cumulative mortality (mean ± SD, %)		
Chemical	Conc.[y] (%)	Day 1	Day 2	Day 3
Acetamiprid 20% SP	0.020	42.0 ± 4.47 b[x]	8.0 ± 8.37 c	8.0 ± 10.59 c
	0.010	34.0 ± 8.94 b	10.0 ± 12.25 c	14.0 ± 16.73 c
Cartap hydrochloride 50% SP	0.100	48.0 ± 19.24 b	32.0 ± 21.68 bc	4.0 ± 5.48 c
	0.050	34.0 ± 27.02 b	14.0 ± 13.42 c	2.0 ± 4.47 c
Chlorpyrifos 25% WP	0.050	96.0 ± 5.48 a	98.0 ± 4.47 a	98.0 ± 4.47 a
	0.025	48.0 ± 10.59 b	58.0 ± 4.47 b	62.0 ± 4.47 b
Dinotefuran 20% SG	0.013	8.0 ± 13.04 b	0.0 ± 0.00 c	0.0 ± 0.00 c
	0.007	12.0 ± 8.37 b	2.0 ± 4.47 c	6.0 ± 8.94 c
Profenofos 43% EC	0.086	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
	0.043	86.0 ± 21.91 a	90.0 ± 17.32 a	90.0 ± 17.32 a
Distilled water (control)	-	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00

[z] All data were analyzed using the two-way analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) test, except that of the control group.

[y] The concentration of active ingredient of the five pesticides.

[x] Values within a column followed by the same letter are not significant different at the 5% level of probability.

藷塊、藷葉浸藥試驗

浸藥藷塊之取食試驗結果列如表 2，不同藥劑處理間具顯著差異 (Day 1: $F_{4,40}$ = 78.22, P < 0.05; Day 2: $F_{4,40}$ = 327.33, P < 0.05; Day 3: $F_{4,40}$ = 95.23, P < 0.05)，2 倍推薦濃度與原推薦濃度間之差異亦達顯著水準 (Day 1: $F_{1,40}$ = 29.43, P < 0.05; Day 2: $F_{1,40}$ = 4.22, P < 0.05; Day 3: $F_{1,40}$ = 5.19, P < 0.05)。其中，按 1×與 2×推薦濃度稀釋之 50% 培丹水溶性粉劑、25% 陶斯松可濕性粉劑及 43% 佈飛松乳劑於觀察首日即對甘藷蟻象具顯著致死效果。反之，20% 亞滅培水溶性粉劑與 20% 達特南水溶性粒劑對甘藷蟻象無明顯致死效果，若施用 2×推薦濃度僅可造成約 20% 之死亡率。

另一方面，若以甘藷葉片浸藥進行檢測 (表 3)，不同藥劑處理間存在顯著差異 (Day 1: $F_{4,40}$ = 74.66, P < 0.05; Day 2: $F_{4,40}$ = 144.65, P < 0.05; Day 3: $F_{4,40}$ = 173.46, P < 0.05)，藥劑濃度提高對甘藷蟻象死亡率則無顯著影響 (Day 1: $F_{1,40}$ = 6.22, P < 0.05; Day 2: $F_{1,40}$ = 0.70, P = 0.41; Day 3: $F_{1,40}$ = 0.94, P = 0.34)。相似於藷塊浸藥處理之試驗結果，無論係 1× 或 2×推薦濃度稀釋之 2 種有機磷劑與 50% 培丹水溶性粉劑，於 Day 3 造成之死亡率皆可達 100%，致死效果顯著高於 20% 亞滅培水溶性粉劑與 20% 達特南水溶性粒劑。

殘留毒性試驗

5 種藥劑殘效試驗之結果如表 4 所示。不同藥劑間效果差異達顯著水準 (Day 1: $F_{5,108}$ = 51.20, P < 0.05; Day 2: $F_{5,108}$ = 63.00, P < 0.05; Day 3: $F_{5,108}$ = 100.13, P < 0.05)，藥劑處理後經不同時間，對甘藷蟻象之致死效果亦具顯著差異 (Day 1: $F_{2,108}$ = 146.21, P < 0.05; Day 2: $F_{2,108}$ = 222.60, P < 0.05; Day 3: $F_{2,108}$ = 250.36, P < 0.05)。藥劑處理後放置 3 d 並接蟲造成的死亡率，僅有未放置處理組之 50% 以下；藥劑處理後放置 7 d 則已無明顯殺蟲效果，與對照組無顯著差異。惟 25% 陶斯松可濕性粉劑處理經 3 d 放置後，仍造成 100% 死亡率；經 7 d 放置後，亦可於成蟲取食之第 3 d 造成 46% 死亡率。

討論

殺蟲劑為防治甘藷蟻象之重要資材 (Waddill 1982; Schalk *et al*. 1991)，然而，甘藷蟻

表 2. 利用甘藷塊浸藥處理方式檢測 5 種藥劑對甘藷蟻象成蟲之殺蟲效果。

Table 2. Adulticidal effects of the 5 insecticides against *C. formicarius* by using sweet potato slice dipping method[z].

		Cumulative mortality (mean ± SD, %) in different days		
Chemical	Conc.[y] (%)	Day 1	Day 2	Day 3
Acetamiprid 20% SP	0.020	14.0 ± 11.40 d[x]	20.0 ± 15.81 b	24.0 ± 18.17 b
	0.010	26.0 ± 26.08 d	16.0 ± 11.40 b	2.0 ± 4.47 b
Cartap hydrochloride 50% SP	0.100	100.0 ± 0.00 a	98.0 ± 4.47 a	96.0 ± 5.48 a
	0.050	82.0 ± 13.04 bc	94.0 ± 5.48 a	76.0 ± 33.62 a
Chlorpyrifos 25% WP	0.050	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
	0.025	70.0 ± 17.32 c	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
Dinotefuran 20% SG	0.013	14.0 ± 11.40 d	16.0 ± 18.17 b	22.0 ± 8.37 b
	0.007	2.0 ± 4.47 d	0.0 ± 0.00 b	6.0 ± 5.48 b
Profenofos 43% EC	0.086	96.0 ± 8.94 ab	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
	0.043	84.0 ± 15.17 bc	100.0 ± 0.00 a	98.0 ± 4.47 a
Distilled water (control)	-	1.0 ± 3.16	1.0 ± 3.16	6.0 ± 5.16

[z] All data were analyzed using the two-way analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) test, except that of the control group.
[y] The concentration of active ingredient of the five pesticides.
[x] Values within a column followed by the same letter are not significant different at the 5% level of probability.

表 3. 利用甘藷葉浸藥處理方式檢測 5 種藥劑對甘藷蟻象成蟲之殺蟲效果。

Table 3. Adulticidal effects of the 5 insecticides against *C. formicarius* by using leaf dipping method[z].

		Cumulative mortality (mean ± SD, %) in different days		
Chemical	Conc.[y] (%)	Day 1	Day 2	Day 3
Acetamiprid 20% SP	0.020	52.0 ± 16.43 cd[x]	54.0 ± 24.08 b	46.0 ± 20.74 b
	0.010	30.0 ± 10.00 d	42.0 ± 8.37 b	40.0 ± 15.81 b
Cartap hydrochloride 50% SP	0.100	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
	0.050	96.0 ± 8.94 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
Chlorpyrifos 25% WP	0.050	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
	0.025	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
Dinotefuran 20% SG	0.013	46.0 ± 16.73 cd	42.0 ± 8.37 b	58.0 ± 20.49 b
	0.007	54.0 ± 18.17 cd	48.0 ± 13.04 b	50.0 ± 12.25 b
Profenofos 43% EC	0.086	92.0 ± 8.37 ab	98.0 ± 4.47 a	100.0 ± 0.00 a
	0.043	74.0 ± 19.49 bc	96.0 ± 5.48 a	100.0 ± 0.00 a
Distilled water (control)	-	1.0 ± 3.16	1.0 ± 3.16	3.0 ± 4.83

[z] All data were analyzed using the two-way analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) test, except that of the control group.
[y] The concentration of active ingredient of the five pesticides.
[x] Values within a column followed by the same letter are not significant different at the 5% level of probability.

表 4. 甘藷葉浸藥處理後放置第 0 日、第 3 日及 7 日對甘藷蟻象成蟲之殺蟲效果。

Table 4. Residual effects of five tested insecticides against *C. formicarius* in 0, 3, and 7 days after treatment[z].

			Cumulative mortality (mean ± SD, %) in different days		
Chemical	Conc.[y] (%)	DAT[x]	Day 1	Day 2	Day 3
Acetamiprid 20% SP	0.010	0	50.0 ± 7.07 b[w]	40.0 ± 7.07 bc	42.0 ± 13.04 bc
		3	28.0 ± 17.89 b	12.0 ± 10.95 bc	20.0 ± 10.00 bc
		7	0.0 ± 0.00 b	1.8 ± 4.07 c	3.8 ± 5.24 bc
Cartap hydrochloride 50% SP	0.050	0	96.0 ± 5.48 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
		3	34.0 ± 8.94 b	26.0 ± 11.40 bc	36.0 ± 15.17 bc
		7	26.0 ± 23.02 b	14.0 ± 19.49 bc	18.0 ± 21.68 bc
Chlorpyrifos 25% WP	0.025	0	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
		3	98.0 ± 4.47 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
		7	20.0 ± 23.45 b	26.0 ± 27.93 bc	46.0 ± 35.78 b
Dinotefuran 20% SG	0.007	0	38.0 ± 31.14 b	62.0 ± 14.83 b	48.0 ± 16.43 b
		3	12.0 ± 13.04 b	14.0 ± 11.40 bc	20.0 ± 15.81 bc
		7	10.0 ± 10.00 b	12.0 ± 8.37 bc	16.0 ± 20.74 bc
Profenofos 43% EC	0.043	0	82.0 ± 24.90 a	100.0 ± 0.00 a	100.0 ± 0.00 a
		3	4.0 ± 5.48 b	8.0 ± 13.04 c	34.0 ± 11.40 bc
		7	2.0 ± 4.47 b	2.0 ± 4.47 c	2.0 ± 4.47 c
Distilled water (control)	-	0	0.0 ± 0.00 b	0.0 ± 3.16 c	1.0 ± 4.22 c
		3	2.0 ± 4.47 b	2.0 ± 4.47 c	4.0 ± 5.48 bc
		7	0.0 ± 0.00 b	0.0 ± 0.00 c	0.0 ± 0.00 c

[z] All data were analyzed using the two-way analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) test.
[y] The concentration of active ingredient of the five pesticides.
[x] The days after the sweet potato leave treated with pesticides.
[w] Values within a column followed by the same letter are not significant different at the 5% level of probability.

象對於各類藥劑的感受性卻有不小差異 (Mason *et al*. 1991; Setokuchi *et al*. 1991; Smith & Hammond 2006)。有機磷類與氨基甲酸鹽類 (carbamates) 殺蟲劑對甘藷蟻象毒性較高，國內、外多運用作為主要防治藥劑，除陶斯松以外，尚有加保利 (carbaryl)、益滅松 (phosmet) 及甲基巴拉松 (methyl parathion) 等 (Setokuchi *et al*. 1991; Smith & Hammond 2006)。合成除蟲菊酯類 (pyrethroids) 之畢芬寧 (bifenthrin) 及賽扶寧 (cyfluthrin) 亦曾作為美國路易斯安那州 (Louisiana state) 甘藷蟻象等甘藷害蟲的替代防治藥劑，用以減緩甘藷蟻象對有機磷抗藥性之產生 (Smith & Hammond 2006)；此外，百滅寧 (permethrin) 在與甘藷蟻象性費洛蒙混和後，亦對甘藷蟻象具不錯的誘殺效果 (Setokuchi *et al*. 1991)。依據本試驗結果，5 種受測藥劑中，陶斯松與佈飛松，無論直接或間接接觸藥劑之方式，對甘藷蟻象成蟲皆有致死效果 (表 1、表 2、表 3)；沙蠶毒素類似物 (nereistoxin analogues) 的培丹，以藷塊、葉浸藥方式處理，對甘藷蟻象亦具有毒殺效果 (表 2、表 3)；新尼古丁類 (neonicotinoids) 之亞滅培與達特南，按目前登記濃度的殺蟲效果並不理想 (表 1、表 2、表 3)。

為探討不同的藥劑施用方式對甘藷蟻象之殺蟲效果，以作為往後田間應用上的參考，本研究分別以藥劑噴佈法、藷塊浸藥法及藷葉浸藥法 3 種方式進行檢測。相同藥劑種類、濃度下，以藷葉浸藥處理的殺蟲效果最佳，藷塊浸藥法次之，直接噴佈藥劑於蟲體上之殺蟲效果最差 (表 1、表 2、表 3)。然而，此差異於高濃度有機磷殺蟲劑上較不明顯，於 50% 培丹水溶性粉劑與 2 種新尼古丁類藥劑之檢測結果上較易發現該趨勢。本試驗所使用之 5 種藥劑皆具備觸殺與胃毒之作用機制 (MacBean 2012)，結果顯示，藉由取食方式毒殺甘藷蟻象的藷塊、葉浸藥處理所造成之致死效果較高。事實上，若使用的殺蟲劑種類屬於系統性藥劑，則其口服毒性多高於接觸毒性 (Laurino *et al*. 2011; Hsu *et al*. 2012; Pohorecka 2013)。此外，暴露劑量不同亦是影響檢測結果之因子 (Kim *et al*. 2002; Sengonca *et al*. 2006)。噴佈法係將藥劑直接噴附於蟲體，暴露量僅有附著於蟲體上之藥劑，相較之下，藷塊、葉浸藥後所殘留的藥量較多。另由於藷塊較厚，除含藥的藷塊表面，甘藷蟻象仍有機會取食未接觸藥劑的藷塊內部；反之，藷葉極薄，未浸泡藥劑的內部葉肉組織甚少，甘藷蟻象所攝食處多附著有藥劑。是故，藷葉浸泡法所檢測之死亡率普遍較藷塊浸藥法高。此外，關於甘藷蟻象防治之用藥策略，儘管成蟲以甘藷葉片與莖部為食，但因甘藷蟻象常棲息於土壤縫隙內等暗處，一般不以直接噴灑藥劑觸殺成蟲為目的。事實上，不少研究指出，藷苗浸藥處理搭配定期葉面施藥，藉由成蟲間接取食、接觸藥劑的方式，即能達到良好防治效果 (Sherman 1951; Sherman & Mitchell 1953; Sherman & Tamashiro 1954)。

透過本研究之觀察，於 2 種新尼古丁類殺蟲劑與 50% 培丹水溶性粉劑之處理中，原先已產生中毒反應或呈現死亡狀態的部分甘藷蟻象個體，卻於觀察之第 2 日或第 3 日回復正常狀態，而該現象又於藥劑噴佈法之檢定結果最為顯著。因本研究皆於試驗觀察前，預先集中可能為假死狀態的甘藷蟻象，另有對照組作為參考，故可排除、降低假死所造成的誤判。事實上，昆蟲體內具氧化酶 (oxidase)、酯酶 (esterase) 或穀胱甘肽硫基轉移酶 (glutathione S-transferase) 等酵素，可透過不同途徑將殺蟲劑等毒物代謝為低毒或無毒物質，故昆蟲體內代謝酵素於質或量的改變，為提升殺蟲劑抗藥性的方式之一 (Oppenoorth 1965; Ishaaya 1993)。依據往習研究，於銀葉粉蝨 (*Bemisiatabaci*)、家蠅 (*Muscadomestica*)、桃蚜 (*Myzuspersicae*) 及褐飛蝨 (*Nilaparvatalugens*)，皆曾發現蟲體代謝酵素改變而導致新尼古丁類藥劑抗性產生 (Foster *et al*. 2003; Karunker *et al*. 2009; Markussen & Kristensen 2010; Bass *et al*. 2011; Nauen *et al*. 2013)。番茄潛葉蛾 (*Tutaabsoluta*) 與小菜蛾 (*Plutellaxylostella*) 對培丹之抗藥性亦與細胞色素 P450 微粒單體氧化酶 (cytochrome P450 monooxygenase) 等酵素有所關連 (Siqueira *et al*. 2000; Mohan & Gujar 2003)。由此可推測，初期呈

中毒反應之甘藷蟻象，應可利用自身解毒酵素代謝藥劑而得於恢復正常。因此，藥劑噴佈處理下，甘藷蟻象的藥劑暴露量相對較少，酵素易將蟲體內藥劑完全代謝，使回復正常之甘藷蟻象比例較高；反之，部分有機磷類殺蟲劑對甘藷蟻象毒性明顯較高。

試驗中亦發現，甘藷蟻象接觸 20% 亞滅培水溶性粉劑與 20% 達特南水溶性粒劑之新尼古丁類殺蟲劑後，多數在 1 h 內即出現中毒反應，且如上段所述，部分中毒或呈死亡狀態的個體有恢復之現象，故推測該類藥劑對甘藷蟻象應具擊暈 (knockdown) 特性。眾多殺蟲藥劑中，以除蟲菊酯類藥劑的擊暈效果最為明顯，常利用於防治蚊蠅類害蟲 (Burt & Goodchild 1974; Wickham *et al*. 1974)。新尼古丁類藥劑對昆蟲亦有擊暈效果 (Liu *et al*. 1993; Tomizawa *et al*. 1999)。Sfara *et al*. (2005) 曾發現德國蟑螂 (*Blattellagermanica*) 受益達胺 (imidacloprid) 擊暈後，可於一段時間內回復正常，而此現象類似與本研究中甘藷蟻象之狀況。因此，就甘藷蟻象藥劑之毒性檢測與應用，仍應加以考慮擊暈效果存在的可能性，以避免實際田間施用效果不彰之問題。

關於本研究對現行甘藷蟻象防治藥劑之評估，就致死效果、殘效性及作用時間而言，以 2 種有機磷類殺蟲劑與 50% 培丹水溶性粉劑表現為佳，以推薦劑量即可有效壓制害蟲族群；新尼古丁類藥劑之藥效較差，即便提高施用濃度亦無顯著增加殺蟲效果。然而，有機磷劑與培丹皆為廣效性殺蟲劑，對於人、畜及環境等非標的對象皆具毒性，施用上應參照推薦劑量與方式，以減少藥劑造成之危害。就本研究結果可得知，於甘藷蟻象防治藥劑選用上，可以 43% 佈飛松乳劑與 50% 培丹水溶性粉劑為主，2.5% 陶斯松粉劑礙於少有廠商生產，故農友不易取得，或許政府相關單位可研議，將陶斯松其他濃度與劑型之藥劑，延伸推薦使用於甘藷蟻象之防治。因有報告指出，美文松 (mevinphos) 抗性品系之小菜蛾對培丹具交互抗性 (Cheng *et al*. 1984)，僅輪用上述 2 種藥劑尚嫌不足。因此，除施用傳統化學藥劑外，農友亦可搭配耕作防治並施用甘藷蟻象性費洛蒙以大量誘殺雄蟲，藉此減緩抗藥性產生，延續藥劑防治效果。另一方面，印楝油 (neem) 與賜諾殺 (spinosad) 等低毒性藥劑，殺蟲效果亦相當顯著 (Leng & Reddy 2012)，應以此為方向，找尋更多合適、有效且低風險的替代藥劑，增加甘藷蟻象防治藥劑的選項。於未來，亦應進一步檢測藥劑於田間的防治效果，以提供農民更經濟有效的藥劑防治處理方法。

根據本研究結果，部分種類之延伸使用藥劑的室內殺蟲效果不盡理想。依據我國「農藥田間試驗準則」，延伸使用之範圍，乃根據代表性的試驗資料，推估至未經試驗的群組化作物或有害生物類群。按本準則之附表，甘藷或葉用甘藷上的象鼻蟲類推薦藥劑，係以十字花科作物之黃條葉蚤 (*Phyllotretastriolata*) 為代表進行延伸。儘管黃條葉蚤與甘藷蟻象皆屬鞘翅目害蟲，但有時同分類群的生物對藥劑感受性不盡相同 (Stark *et al*. 2009; Khani & Asghari 2012)。因此，往後於藥劑延伸使用上，應再細分有害生物群組或進行田間或室內試驗，以實際瞭解防治效果。如此，更能達到精準用藥，以減少藥劑濫用或浪費，對於農業工作者與消費者亦更有保障。

誌謝

承蒙本分所同仁廖大經先生於資料統計上之建議，及研究室同仁賴錦雲小姐與周紹宸先生辛勞協助試驗進行及蟲源飼養等相關工作，謹此致謝。

引用文獻

Bass, C., R. A. Carvalho, L. Oliphant, A. M. Puinean, L. M. Field, R. Nauen, M. S. Williamson, G. Moores, and K. Gorman. 2011. Overexpression of a cytochrome P450 monooxygenase, CYP6ER1, is associated with resistance to imidacloprid in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Insect Mol. Biol. 20:763–773.

Burt, P. E. and R. E. Goodchild. 1974. Knockdown by pyrethroids: Its role in the intoxication process. Pestic. Sci. 5:625–633.

Chalfant, R. B., R. K. Jansson, D. R. Seal, and J. M. Schalk. 1990. Ecology and management of sweetpotato insects. Annu. Rev. Entomol. 35:157–180.

Chang, L. C. 1966. Chemical control study of soil insect pests of sweet potato. Plant Prot. Bull. 8:90–93. (in Chinese with English abstract)

Cheng, E. Y., T. M. Chou, and C. H. Kao. 1984. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) V. The induction, cross resistance and glutathione-S-transferase in relation to mevinphos-resistance. J. Agric. Res. China 33:73–80.

Foster, S. P., I. Denholm, and R. Thompson. 2003. Variation in response to neonicotinoid insecticides in peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Pest Manag. Sci. 59:166–173.

Hsu, J. C., D. S. Haymer, M. Y. Chou, H. T. Feng, H. H. Chen, Y. B. Huang, and R. F. L. Mau. 2012. Monitoring resistance to spinosad in the melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) in Hawaii and Taiwan. Sci. World J. doi:10.1100/2012/750576.

Huang, J. S. 1994. Sweet potato insect pest management in Taiwan. p.191–205. *in*: Proceeding of the Symposium on Up Land Crop Protection. December 21–22, 1993. Tainan, Taiwan. Tainan District Agricultural Improvement Station Press, Tainan, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Huang, S. H. and C. H. Cheng. 2008. The insect pests of sweet potato and management in Taiwan. p.153–163. *in*: Proceeding of Symposium on Research and Development of Sweet Potato. October 8, 2008. Taipei, Taiwan. Chinese Culture Univ. Press, Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Ishaaya, I. 1993. Insect detoxifying enzymes: Their importance in pesticide synergism and resistance. Arch. Insect Biochem. 22:263–276.

Jansson, R. K. and K. V. Raman. 1991. Sweet potato pest management: A global overview. p.1–12. *in*: Sweet Potato Pest Management: A Global Perspective (Jansson, R. K. and K. V. Raman, eds.) Westview Press. Boulder, CO. 458 pp.

Karunker, I., E. Morou, D. Nikou, R. Nauen, R. Sertchook, B. J. Stevenson, M. J. I. Paine, S. Morin, and J. Vontas. 2009. Structural model and functional characterization of the *Bemisiatabaci* CYP6CM1vQ, a cytochrome P450 associated with high levels of imidacloprid resistance. Insect Biochem. Mol. Biol. 39:697–706.

Khani, A. and J. Asghari. 2012. Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum*, and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. J. Insect Sci. 12:73.

Kim, J. R., S. H. Yeon, H. S. Kim, and Y. J. Ahn. 2002. Larvicidal activity against *Plutella xylostella* of cordycepin from the fruiting body of *Cordyceps militaris*. Pest Manag. Sci. 58:713–717.

Lai, Y. C., L. Li, C. H. Liao, T. T. Li, Z. W. Xin, and S. L. Gaun. 2008. The achievement and prospect of sweetpotato breeding in Taiwan. p.22–31. *in*: Proceeding of Symposium on Research and Development of Sweet Potato. October 8, 2008. Taipei, Taiwan. Chinese Culture Univ. Press. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Laurino, D., M. Porporato, A. Patetta, and A. Manino. 2011. Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees: Laboratory tests. B. Insectol. 64:107–113.

Leng, P. H. and G. V. P. Reddy. 2012. Bioactivity of selected eco-friendly pesticides against *Cylasformicarius* (Coleoptera: Brentidae). Fla. Entomol. 95:1040–1047.

Liu, M. Y., J. Lanford, and J. E. Casida. 1993. Relevance of [^{3}H] imidacloprid binding site in house fly head acetylcholine receptor to insecticidal activity of 2-nitromethylene- and 2-nitroimino-imidazolidines. Pestic. Biochem. Physiol. 46:200–206.

MacBean, C. 2012. The Pesticide Manual (16th ed.). BCPC. Alton Hampshire, UK. 1439 pp.

Markussen, M. D. K. and M. Kristensen. 2010. Cytochrome P450 monooxygenase-mediated neonicotinoid resistance in the house fly *Musca domestica* L. Pestic. Biochem. Phys. 98:50–58.

Mason, L. J., D. R. Seal, and R. K. Jansson. 1991. Response of sweet potato weevil (Coleoptera: Apionidae) to selected insecticides. Fla. Entomol. 74:350–355.

Mohan, M. and G. T. Gujar. 2003. Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and role of detoxification enzymes. Crop Prot. 22:495–504.

Nauen, R., J. Vontas, M. Kaussmann, and K. Wölfel. 2013. Pymetrozine is hydroxylated by CYP6CM1, a cytochrome P450 conferring neonicotinoid resistance in *Bemisia tabaci*. Pest Manag. Sci. 69:457–461.

Oppenoorth, F. J. 1965. Biochemical genetics of insecticide resistance. Annu. Rev. Entomol. 10:185–206.

Plant Protection Manual. 2016. Diseases and insect pests of upland crops. http://www.tactri.gov.tw/wSite/ct?xItem=3691&ctNode=333&mp=11#cat2 (visit on 1/25/2016)

Pohorecka, K., P. Skubida, A. Miszczak, P. Semkiw, P. Sikorski, K. Zagibajło, D. Teper, Z. Kołtowski, M. Skubida, D. Zdańska, and A. Bober. 2013. Residues of neonicotinoid insecticides in bee collected plant materials from oilseed rape crops and their effect on bee colonies. J. Apic. Sci. 56:115–134.

Sato, K. and I. Uritani. 1981. Characterization of the terpene-inducing factor isolated from the larvae of the sweet potato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius (Coleoptera: Brenthidae). Appl. Ent. Zool. 16:103–112.

Schalk, J. M., A. Jones, P. D. Dukes, and J. K. Peterson. 1991. Approaches to the control of multiple insect problems in sweetpotato in the southern United States. p.283–301. *in*: Sweet Potato Pest Management: A Global Perspective. (Jansson, R. K. and K. V. Raman, eds.) Westview Press. Boulder, CO. 458 pp.

Sengonca, C., B. Liu, and Y. J. Zhu. 2006. Insecticidal activity and antifeedant effect of a new type biocide GCSC-BtA against *Plutella xylostella* L. (Lep., Plutellidae). J. Pest Sci. 79:3–8.

Setokuchi, O., Y. Nakamura, and Y. Kubo. 1991. A fiberboard formulation of the sweet-potato weevil, *Cylas formicarius* (Fabricius), sex pheromone and an insecticide for mass-trapping. Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 35:251–253. (in Japanese)

Sfara, V., N. E. Zerba, and R. A. Alzogaray. 2005. Locomotor activity, knockdown, and recovery in first instar nymphs of *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) treated with imidacloprid. Belg. J. Entomol. 72:113–119.

Sherman, M. 1951. Chemical control of sweet potato insects in Hawaii. J. Econ. Entomol. 44:652–656.

Sherman, M. and M. Tamashiro. 1954. The sweet potato weevils in Hawaii: Their biology and control. Hawaii Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 23:1–36.

Sherman, M. and W. C. Mitchell. 1953. Control of sweet potato weevils and vine borer in Hawaii. J. Econ. Entomol. 46:389–393.

Siqueira, H. A. A., R. N. C. Guedes, and M. C. Picanço. 2000. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). J. Appl. Entomol. 124:233–238.

Smith, T. P. and A. M. Hammond. 2006. Comparative susceptibility of sweetpotato weevil (Coleoptera: Brentidae) to selected insecticides. J. Econ. Entomol. 99:2024–2029.

Stark, J. D., R. Vargas, N. Miller, and N. Chaney. 2009. Oral and topical toxicity of fipronil to melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Entomol. Sci. 44:308–313.

Su, C. Y., S. S. Tzean, and W. H. Ko. 1988. *Beauveria bassiana* as the lethal factor in a Taiwanese soil pernicious to sweet potato weevil, *Cylas formicarius*. J. Invertebr. Pathol. 52:195–197.

Sutherland, J. A. 1986. A review of the biology and control of the sweetpotato weevil *Cylas formicarius* (Fab). Trop. Pest Manage. 32:304–315.

Talekar, N. S., J. S. Chen, E. M. Lee, and T. M. Lee. 1985. Absorption of certain insecticide residues from contaminated soil by sweet potato roots. Plant Prot. Bull. 27:423–432.

Tomizawa, M., B. Latli, and J. E. Casida. 1999. Structure and function of insect nicotinic acetylcholine receptors studied with nicotinoid insecticide affinity probes. p.271–292. *in*: Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor. (Yamamoto, I. and J. E. Casida, eds.) Springer-Verlag, Tokyo, Japan. 300 pp.

Waddill, V. H. 1982. Control of sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* elegantulus, by foliar applications of insecticides. p.157–160. *in*: Sweetpotato, Proceedings of the First International Symposium. March 23–27, 1981. Tainan, Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan.

Wickham, J. C., P. R. Chadwick, and D. C. Stewart. 1974. Factors which influence the knockdown effect of insecticide products. Pestic. Sci. 5:657–664.

Yen, F. C., S. X. Chen, and H. Y. Chen. 1982. Damage of major diseases and insect pests on sweetpotato in Taiwan. Taiwan Agric. 18:64–67. (in Chinese with English abstract)

Evaluation of Insecticides Recommended for Controlling the Adult of Sweetpotato Weevil [*Cylas formicarius* (Fabricius)] (Coleoptera: Brentidae) in Taiwan

Po-Hung Chen[1], Tai-Chuan Wang[1], Chiung-Hui Huang[2], Yi-Fen Chu[2], and Shou-Horng Huang[3,*]

Abstract

Chen, P. H., T. C. Wang, C. H. Huang, Y. F. Chu, and S. H. Huang. 2017. Evaluation of insecticides recommended for controlling the adult of sweetpotato weevil [*Cylas formicarius* (Fabricius)] (Coleoptera: Brentidae) in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):34–43.

The present study was conducted to evaluate the effectiveness of five recommended insecticides for controlling the adult of sweetpotato weevil in Taiwan. Three test methods, tower spray, leaf-dipping and tuber-dipping, were adopted to examine their initial and residual effects on the tested insect in a laboratory conditions. The results revealed that chlorpyrifos (25% WP), profenofos (43% EC) and cartap hydrochloride (50% SP) showed significantly higher effects than the others in all tested methods at the time of treatments, and the mortality of the 3 insecticides was 100% by using leaf-dipping method on the 3rd day. The mortality of the insect increased with the concentration of the insecticides with except of acetamiprid (20% SP) and dinotefuran (20% SG). The residual effects of insecticides to adults showed that the mortality of most insecticidal treatments obtained about only half or less than the initial effects. However, the treatment of chlorpyrifos (25% WP) obtained 100% and 46% mortality at 3 days and 7 days after treatment, respectively.

Key words: Sweetpotato weevil, Insecticide, Control.

Received: April 29, 2016; Accepted: June 3, 2016.

* Corresponding author, e-mail: shhuang@dns.caes.gov.tw

1 Assistant Research Fellows, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

2 Research Assistants, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

3 Associate Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):44–52 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.06

研究報告

茄苳青枯病之發生

蔡佳欣[1,*] 安寶貞[2] 黃淑苓[3] 呂昀陞[1] 李佳蓉[3] 洪子晴[3]

摘要

蔡佳欣、安寶貞、黃淑苓、呂昀陞、李佳蓉、洪子晴。2017。茄苳青枯病之發生。台灣農業研究 66(1):44–52。

2011 年彰化縣田中地區一處茄苳栽植田，茄苳樹木出現生長緩慢、萎縮，葉片褪色及枝條枯萎等病徵，觀察罹病樹木枝條內部組織，可見維管束組織明顯褐化。從褐化的病組織可在 Triphenyl tetrazolium chloride 培養基分離出中間粉紅色，周圍白色流質狀之菌落。將該菌回接至茄苳植株，造成與田間相同之莖部維管束褐化及萎凋病徵，並可回分出相同細菌，完成科霍氏法則。該菌經生理生化分析、Bioliog 鑑定系統分析、16S rDNA 序列比對、寄主範圍測試及專一性引子測定，將該菌鑑定為 *Ralstonia solanacearum*，第 1 生理小種 (Race 1) /第 3 生化型 (Biovar 3) /第 1 演化型 (Phylotype)。此為 *R. solanacearum* 感染茄苳之全球首度報導。

關鍵詞：茄苳、青枯病、青枯病菌。

前言

茄苳 (*Bischofia javanica* Blume)，又稱為重陽木、秋楓樹，英文名為 Autumn maple tree、Red Cedar，屬大戟科 (Euphorbiaceae)，重陽木屬 (Bischofia) 樹木，分布於平地及中低海拔地區，樹木生長快速，樹齡長，枝葉茂密，為國內常見之行道樹與庭園遮陰樹種。2011 年彰化縣田中地區之茄苳栽培田，部分茄苳樹木出現衰弱現象，病樹初期葉片褪色，部分枝條葉片失水下垂 (圖 1A)，之後枝條逐漸褐化枯萎 (圖 1B)。將病枝條縱切及橫切，在其莖部維管束發現褐化現象 (圖 1C、1D)，切取罹病莖部病組織於光學顯微鏡下觀察，可見大量的細菌湧出，疑似細菌性病害。從罹病的莖部組織分離細菌，可在 TTC 培養基平板分離並純化出中間粉紅色，周圍白色流質狀似青枯病菌 *Ralstonia solanacearum* 菌落 (圖 1E)，因此可能為該菌所引起。

青枯病菌為全球重要的植物病原細菌，被認為是由許多不同的菌系組成一複合種 (Species complex)，寄主範圍極為廣泛，種類達 54 科 250 種植物以上 (Peeters *et al*. 2013)，引起許多經濟作物產量損失，並且陸續不斷有新的寄主被報導。在台灣已有許多植物受該病菌感染危害，大多數為草本植物，如番茄、甜椒、馬鈴薯、篦麻、落花生、煙草、草莓、天堂鳥、黃麻、紫蘇、蘿蔔、康富利、火鶴花、蕹菜、絲瓜、薑、洛神葵、萘菜等，以及少數幾種木本植物如桉樹、蓮霧、銀柳、番荔枝等 (Hsu 1991; Hsu *et al*. 2002; Tzeng & Chang 2013; Wu *et al*. 2013; Lin *et al*. 2015)。茄苳為多年生木本植物，經查詢國內外文獻及病害資料庫尚無茄苳受青枯病菌危害之報告 (Hsu *et al*. 2002; Elphinstone 2005; Crop Protection Compendium 2016)。因此，本文擬對此病害之病因及病原菌特性進行研究，以作為栽培防治參考。

投稿日期：2016 年 1 月 21 日；接受日期：2016 年 6 月 23 日。
* 通訊作者：tsaich@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所植物病理組前研究員兼組長。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所植物病理組研究助理。台灣 台中市。

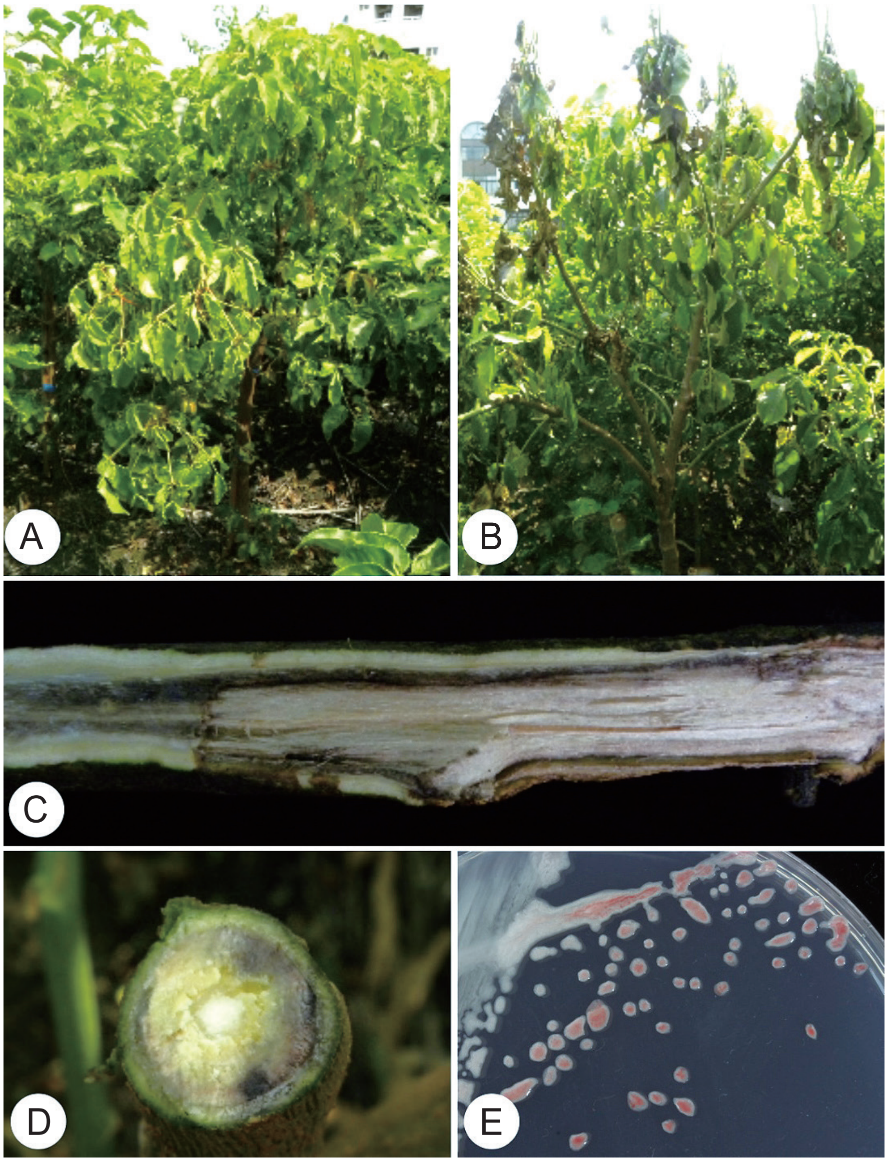

圖 1. 茄苳青枯病。(A) 病樹葉片褪色及萎凋；(B) 嚴重感染樹木枝梢褐化枯萎；(C)、(D) 維管束褐化；(E) 病原菌在 triphenyl tetrazolium chloride 培養基菌落形態。

Fig. 1. Bacterial wilt of autumn maple trees. (A) Diseased tree showing leaf chlorosis and wilt symptoms. (B) The branches with blight on the severely infected tree. (C), (D) The brownish vascular tissue. (E) The bacterial colonies on triphenyl tetrazolium chloride medium.

材料與方法

病菌分離

切取罹病茄苳莖部浸泡 1% 次氯酸鈉進行表面消毒 30 s，再經 3 次無菌水清洗後，將莖病健部組織切碎後，置入無菌水中震盪以釋出細菌。再以移植環沾取懸浮液，以畫線平板方式將懸浮液塗抹 Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) 培養基 (Kelman 1954)。之後將培養基置於 30℃培養箱培養 2 d 後，挑選單一菌落至新的培養基平板，以純化細菌。

生理生化特性測定

將分離自不同樣品之供試菌株 3 株編號 AMBW01、AMBW02 及 AMBW03，參考 Huang *et al*. (2000) 及 Schaad *et al*. (2001) 所述進行各項生理生化特性測定。測定項目包括革蘭氏反應 (Gram reaction)，對葡萄糖利用方式 (氧化/發酵試驗；O/F test)、在 King's B 培養基上產生螢光色素的測定、在 YDC (yeast extract-dextrose-$CaCO_3$) 培養基上的菌落型態、氧化酵素 (oxidase)、過氧化氫放氧酵素 (catalase)、尿素酵素 (urease)、精氨酸二水解酵素 (arginine dihydrolase)、苯丙氨酸脫氨酵素 (phenylalnine deaminase)、硝酸鹽還原能力 (nitrate reduction)、白明膠水解作用 (hydrolysis of gelatin)、澱粉水解作用 (hydrolysis of starch)、硫化氫的產生 (production of H_2S)、吲哚的產生 (production of indole) 測定，在 40℃下的生長能力，在分別含有 1% 及 2% NaCl 之 nutrient broth (NB) 的生長能力。

生化型 (Biovar) 測定

參考 Hayward (1964, 1994) 所述，測試供試菌株對碳水化合物的利用及氧化能力以測定其生化型，測試的碳水化合物種類包括以下 4 種雙醣：乳糖 (lactose)、麥芽糖 (maltose)、纖維雙醣 (cellobiose)、海藻糖 (trehalose) 及 3 種六醣醇：甘露糖醇 (mannitol)、山梨聚糖醇 (sorbitol)、甜己醇 (dulcitol)。

Biolog 鑑定系統

將供試菌株利用 Biolog 鑑定系統進行分析，菌株先培養在 5.7% BUGTM agar (Biolog Universal Growth Agar, Biolog Inc., CA, USA) 培養基，在 30℃定溫箱培養 16–24 h。之後以棉棒沾取細菌菌落，將細菌懸浮在 IF-A 接種液 (Biolog Inc., CA, USA)，並接種液調整濃度至 90–98% T (turbidity) 後，將其加入 Biolog GEN III 反應盤 (Biolog Inc., CA, USA) 中。每孔加入 100 μL 之接種液，培養 25–35 h 以光譜儀測讀，將所得資料經 Biolog MicroLogTM 3 ver. 5.2.2 系統分析與 Biolog GEN III 資料庫 (2.6.1 版) 比對，以鑑定細菌種類。

病原性試驗

將上述供試菌株以 TTC 培養基，在 30℃定溫箱培養 2 d 以後，將細菌懸浮在無菌水中。並以分光光度計 (spectrophotometer, spectronic 70, Bausch & Lomb Inc., USA)，設定波長 600 nm 調整細菌懸浮液至吸收值 0.3 (約 10^8 cfu mL^{-1}) 作為接種源，進行接種試驗。接種方式分別以地上部莖部穿刺接種及地下部剪根接種兩種方式，各接種茄苳苗木 (約 20 cm) 3 株，穿刺接種法為先在植株莖部置放 1 小滴之細菌懸浮液，之後以滅菌針頭在莖部該處刺一傷口供細菌感染。剪根接種法為以剪刀剪除植株部分根系後，將根系浸泡在細菌懸浮液 20 min 再種回盆缽。上述 2 種接種法，均以無菌水接種植株作為對照組，每 1 供試菌株接種茄苳 3 株，接種後植株套上透明塑膠袋保濕 48 h。之後除去塑膠袋，將植株放置在 30℃生長箱觀察病徵發展情形。發病後再從罹病茄苳莖部組織分離細菌，確認是否與原接種之細菌相同。

生理小種測定

生理小種之測定參考 Buddenhagen *et al*. (1962) 及 He (1983) 所述，將 3 供試菌株以上述穿刺接種方式接種 5 種茄科植物包括「紅番」番茄、「農友金華星」甜椒、「克尼伯」馬鈴薯、「麻薯長茄」茄子、「萬國士」菸草以及非茄科植物「台農 7 號」花生之莖部各 3 株，以接種無菌水作為對照組。接種後植株套上透明塑膠袋保濕 48 h，之後除去塑膠袋，並置於 30℃生長箱中觀察發病情形。

16S rDNA 序列分析

挑選供試菌株編號 AMBW01 及 AMBW02 進行核酸序列分析，核酸萃取法參考 Wang *et al*. (1993) 之簡易方法並略為修改後進行。將純化後之細菌單一菌落以滅菌牙籤沾取後，放入 20 μL 之無菌水中懸浮，之後加入 0.4 N NaOH 20 μL 震盪均勻後靜置 15 min，再加入 40 μL 之 1 M Tris-HCl。震盪混合均勻後，取 20 μL 以無菌水稀釋 10× 製備為 PCR 模板。之後聚合酵素連鎖反應 (PCR)，以細

菌 16S rDNA 通用引子對 f8-27/r1510 (Lipson & Schmidt 2004) 進行，所得之 PCR 產物以以 1.4% agarose 進行電泳分析，確定是否產生預期之 DNA 片段。所得之 PCR 產物以 TOP-fast PCR cloning kit (GeneMark, Taichung, Taiwan) 進行 DNA 片段選殖後，將帶有目標 DNA 片段之細菌菌株，委由明欣生物科技有限公司 (Mission Biotech, Taipei, Taiwan) 進行 DNA 定序，再進行序列比對。

演化型 (Phylotype) 測定

將供試菌株以上述簡易方法進行核酸萃取後，依 Fegan & Prior (2005) 所述進行複合式聚合酶連鎖反應 (multiplex PCR) 並略微修改如下。PCR 引子包括 5 條設計自 ITS 區域之引子 (Nmult21:1F、Nmult21:2F、Numlt23:AF、Nmult22:InF、Numlt22:RR)，用以鑑別青枯病菌之演化型，以及 2 條對青枯病菌具專一性之引子 AU759f、AU760r (Opina *et al*. 1997)，用以確認供試菌株為青枯病菌，共以 7 條引子進行反應。Multiplex PCR 反應在 25 μL 的混合物進行，各反應物的濃度為 1× PCR buffer、1.5 mM 的 $MgCl_2$、0.25 mM 的 dNTP，*Taq* DNA polymersase 0.3 units、引子 Numlt23:AF 為 40 ng，其餘的引子濃度皆為 20 ng，並加入 2 μL 模板。在熱循環反應器 (GeneAmp PCR System 2400) 內進行，PCR 溫度循環條件：先以 96℃進行 5 min；再以 94℃進行 1 min，59℃進行 1 min，72℃進行 2 min 共 30 循環；最後 72℃進行 10 min。PCR 產物以 2.0% 瓊脂凝膠進行水平電泳分析，再依據電泳的圖譜結果判定演化型。

結果與討論

Biolog 鑑定系統

以 Biolog 鑑定系統鑑定上述 3 株供試菌株，供試菌株培養在 Biolog GEN III Microplate 以測定其生理特性及對碳素源利用情形，將試驗所得資料再以 Biolog MicroLogTM 3 ver. 5.2.2 系統分析及資料庫比對。分析結果顯示，供試菌株 AMBW01、AMBW02 及 AMBW03 與 *R. solanacearum* 之相似值最高，分別為 0.630、0.630 及 0.651，並超過分析系統設定之臨界值 0.5，因此鑑定供試菌株均為 *R. solanacearum*。

16S rDNA 序列分析

進一步將供試菌株 AMBW01 及 AMBW02 萃取核酸後，以細菌 16S rDNA 通用引子對 f8-27/r1510 進行 PCR 增幅，可增幅出約 1,500 bp DNA 片段，該片段經選殖與定序後，在 NCBI (National Center for Biotechnology Information) 基因資料庫比對。結果顯示，供試菌株 (GenBank Accession Number: KX132896 及 KX132897) 之 DNA 序列比對結果與 NCBI 資料庫之 *R. solanacearum* 序列相同度最高，達 100% (GenBank Accession Number KT748524.1、CP011997.1)，因此供試菌株最可能為 *R. solanacearum*。

病原性測試

將 3 供試菌株製備成細菌懸浮液 (約 10^8 cfu mL^{-1}) 進行接種試驗，分別以莖部穿刺接種及剪根浸泡菌液2種方法各接種茄苳苗木 (約 20 cm) 3 株。結果顯示，莖部接種及根部接種之茄苳苗木，均可造成植株感染，莖部在接種 3 d 即出現葉片略為下垂狀。之後莖部逐漸褐化病蔓延，7 d 後試驗植物陸續萎凋 (圖 2A、2B)。根部接種之植株亦在接種 3 d 出現葉片略為下垂現象，接種 7 d 之後植株萎凋，與田間所見之萎凋病徵類似。褐化的莖部組織在顯微鏡下觀察，可見大量細菌湧出，顯示該細菌於植株體內大量感染繁殖。並可從病徵蔓延處再回分出相同的細菌，經 multiplex PCR 鑑定與原來接種細菌相同，完成科霍式法則，證實該病害由此病原細菌引起。

生理小種 (race) 測定

為瞭解危害茄苳之青枯病菌菌系種類，將供試菌株進行生理小種測定。將 3 供試菌株分別以莖部穿刺法接種在馬鈴薯、番茄、甜椒、茄子、菸草以及花生植株，結果顯示接種後 2 d 後上述植物種類葉片均開始即出現輕微失水下垂，3 d 之後植株莖部逐漸褐化，最後均出現萎凋病徵，接種無菌水之對照組無病徵出現。

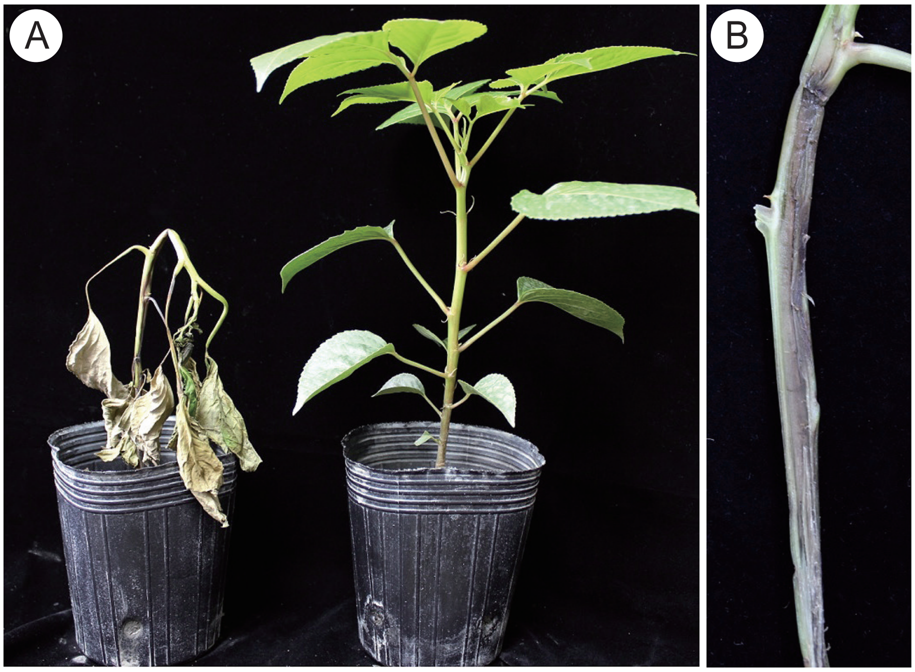

圖 2. 茄苳苗木接種病原細菌 7 d 後植株萎凋 (A 左)，對照植株無病徵 (A 右)；植株接種後莖部維管束褐化放大圖 (B)。

Fig. 2. Wilt symptoms of autumn maple plants observed 7 days after inoculation (A left), and check plants without symptoms (A right)；Close-up of brownish vascular tissue of stem after inoculation (B).

R. solanacearum 係由許多不同的菌系組成一複合種 (species complex)，依不同的寄主範圍可區分 5 個生理小種 (race)。第 1 生理小種又稱茄科菌系，能危害菸草、番茄等多種茄科植物及其他植物。第 2 生理小種又稱芭蕉科菌系，主要感染三倍體香蕉及赫蕉屬 (*Heliconia*)。第 3 生理小種又稱馬鈴薯菌系，主要為害馬鈴薯與番茄，對其他茄科植物病原性較弱。第 4 生理小種又稱薑菌系，分離自菲律賓罹病薑株，只能感染薑。第 5 生理小種又稱桑菌系，分離自中國大陸罹病桑樹，主要危害桑樹，對茄子及馬鈴薯病原性較弱 (Buddenhagen *et al*. 1962; He 1983; Tzeng & Chang 2013)。在台灣青枯病菌系已有第 1 及第 3 生理小種之報告，第 1 生理小種為田間主要菌系，已在許多植物上發現，第 3 生理小種則僅在馬鈴薯上發現 (Hsu 1991; Wu *et al*. 2011)。由本次的接種試驗顯示，3 供試菌株對上述各種茄科植物以及非茄科之花生，均可感染，顯示寄主廣，並且造成萎凋病徵，因此參照上述分類，將其判別為第 1 生理小種。

生理生化特性及生化型 (Biovar) 測定

為瞭解此茄苳青枯病菌之生理生化特性，將 3 株青枯病菌之菌株 AMBW01、AMBW02 及 AMBW03，測定其生理生化的特性。3 供試菌株測試結果相同，均屬於革蘭氏陰性菌 (Gram negative)，好氣性，在 King's B 培養基不產生螢光色素，在 YDC 培養基上產生黏液狀之乳白色菌落，在氧化酵素、過氧化氫放氧酵素、尿素酵素、硝酸鹽還原能力測試為正反應，在精氨酸二水解酵素、白明膠水解作用、澱粉水解作用、苯丙氨酸脫氨酵素、硫化氫的產生、吲哚的產生測定為負反應。菌株可生長在含有 1% NaCl 之 NB；但在在含有 2% NaCl 之 NB 以及 40℃下不生長，3 供試菌株與青枯病菌之生理生化特性相同 (表 1)。

在青枯病菌生化型之鑑別上，以菌株利用及氧化碳水化合物特性，可分為 6 種生化

型 (Hayward 1964, 1994)。然而，生理小種與生化型之間並無絕對的關連性，但第 3 生理小種均屬於第 2 生化型。台灣常見之青枯病菌，大多數屬於第 3 及第 4 生化型，且為第 1 生理小種 (Hsu 1991)。本次所分離之茄苳青枯病菌，3 供試菌株可氧化乳糖 (lactose)、麥芽糖 (maltose)、纖維雙醣 (cellobiose) 3 種雙醣，並且可利用甘露糖醇 (mannitol)、山梨聚糖醇 (sorbitol)、甜己醇 (dulcitol) 3 種六醣醇及海藻糖 (trehalose)。因此，對照 Hayward (1994) 資料，將茄苳青枯菌株判別為第 3 生化型菌系 (表 2)，與台灣常見的本土菌系相同。

演化型 (Phylotype) 測定

Fegan & Prior (2005) 以 16S-23S rRNA gene intergenic spacer region (ITS) 之核酸序列，設計出 5 條引子，以複合式聚合酶連鎖反應 (multiplex PCR) 可將青枯病菌分成 4 種演化型。此演化型分類系統與菌株地理的起源有相關性，第 1 演化型，主要為亞洲 (Asia) 菌株，Multiplex PCR 增幅條帶為 144 bp；第 2 演化型，主要為美洲 (America) 菌株，增幅條帶為 372 bp；第 3 演化型，主要為非洲及周圍島嶼 (Africa and surrounding islands) 菌株，增幅條帶為 91 bp；第 4 演化型，主要為印尼 (Indonesia) 菌株，增幅條帶為 213 bp。在此 Multiplex PCR 中，再加入青枯病菌的專一性引子對，可同時確認所測定之細菌為青枯病菌以及其演化型。為瞭解本次所分離的茄苳青枯病菌之地理起源，以 Multiplex PCR 測定其演化型，PCR 增幅出 280 bp 之青枯病菌專一性 DNA 片段及 144 bp 之第 1 演化型 DNA 片段 (圖 3)，與分離自台灣番茄青枯病菌株結果相同，顯示供試菌株為青枯病菌，且為第 1 演化型，屬於亞洲菌系。

結論

本次自萎凋茄苳病株莖部所分離之病菌，

表 1. 茄苳青枯病原細菌之生理生化分析。
Table 1. Physiological and biochemical analysis of autumn maple tree bacterial wilt pathogen.

Character	AMBW01, AMBW02, AMBW03 strains	*Ralstonia solanacearum*[z]
Gram reaction	G (–)[y]	G (–)
O/F[y] test	O	O
Fluorescent pigment on KB	–	–
Colonies yellow or orange on YDC	–	–
Colonies mucoid on YDC at 30	+	+
Oxidase	+	+
Urease	+	+
Catalase	+	+
Arginine dihydrolase	–	–
Phenylalnine deaminase	–	–
Hydrolysis of gelatin	–	–
Nitrate reduction	+	+
Hydrolysis of starch	–	–
Production of H_2S	–	–
Production of indole	–	–
Growth at 40℃	–	–
Growth in broth with 1% NaCl	+	+
Growth in broth with 2% NaCl	–	–

[z] Data are from (Huang *et al*. 2000; Schaad *et al*. 2001).
[y] G (–): Gram negative; O: oxidative; F: fermentation; +: postive; –: negative.

表 2. 茄苳青枯病菌生化型測定。

Table 2. Biovar test of *Ralstonia solanacearum* of autumn maple tree.

Carbohydrate	AMBW01, AMBW02, AMBW03 strains	*R. solanacearum* biovar 3[z]
Utilization of		
Mannitol	+[y]	+
Sorbitol	+	+
Dulcitol	+	+
Trehalose	+	+
Oxidation of		
Lactose	+	+
Maltose	+	+
Cellobiose	+	+

[z] Data are from Hayward *et al*. (1994).
[y] +: positive.

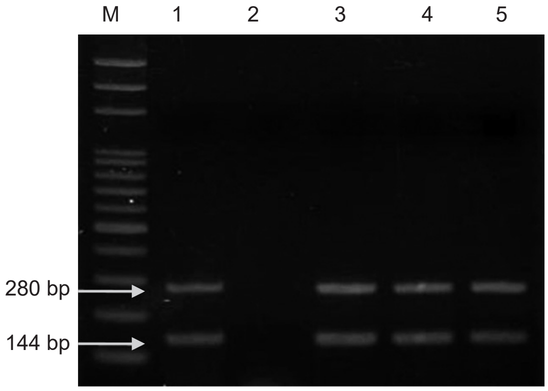

圖 3. 以 Multiplex PCR 鑑定茄苳青枯病菌之演化型。行 M：100-bp marker；行 1：為分離自番茄之青枯病菌 DNA；行 2：為未含有 DNA 模板之負對照；行 3–5：為茄苳青枯病菌之 DNA (AMBW01–03)。

Fig. 3. Identification of phylotype of *Ralstonia solanacearum*. Lane M: 100-bp DAN marker; Lane 1: DNA of *R. solanacearum* isolated from tomato; Lane 2: no template control; Lane 3–5: DNA from autumn maple bacterial wilt pathogen.

經在 TTC 培養基上菌落型態觀察，Biolog 鑑定系統、生理生化特性、16S rDNA 序列分析及青枯病菌專一性引子測試，確認所分離之細菌為 *R. solanacearum*，該病菌經寄主範圍測試為第 1 生理小種，生理生化特性分析鑑別為第 3 生化型，經 multiplex PCR 測定為第 1 演化型，為國內常見的菌系。並完成科霍氏法則，證實為該病害之病原菌，此為 *R. solanacearum* 感染茄苳之全球首次報告。

茄苳為國內常見的樹種，栽培業者將樹木育成後輸往各地供庭園遮陰及行道樹使用，帶菌的樹木可能藉由此機會進行長距離的傳播，成為接種源。經此研究可知茄苳青枯病菌為第 1 生理小種，寄主範圍廣泛，因此需防範此病菌人為傳播的管道，以免再感染其他種類植物。由本次接種試驗可知，地上部莖部穿刺接種及地下部剪根接種法，均能造成植株萎凋病徵。因此，病菌在田間可能經由修剪工具從傷口侵入植物，以及經灌溉水由根部感染傳播。因此，在栽培管理上應注意修剪工具的消毒、及早清除病株、勿種植在青枯病田及勿從病田引水等，以減少青枯病菌感染的機會。

誌謝

本研究報告承蒙國立中興大學植物病理學系柯文雄講座教授協助校稿，特申謝忱。

引用文獻

Buddenhagen, I., L. Sequeira, and A. Kelman. 1962. Designation of races in *Pseudomonas solanacearum*. Phytopathology 52:726.

Crop Protection Compendium. 2016. *Ralstonia solanacearum* (bacterial wilt of potato) datasheet. http://www.cabi.org/cpc/datasheet/45009 (visit on 1/12/2016)

Elphinstone, J. G. 2005. The current bacterial wilt situation: A global overview. p.9–28. *in*: Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex. (Allen, C., P. Prior, and A. C. Hayward, eds.) APS Press. St. Paul, MN. 510 pp.

Fegan, M. and P. Prior. 2005. How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex? p.449–461. *in*: Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex. (Allen, C., P. Prior, and A. C. Hayward, eds.) APS Press. St. Paul, MN. 510 pp.

Hayward, A. C. 1964. Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*. J. Appl. Bacteriol. 29:433–440.

Hayward, A. C. 1994. Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria. p.123–135. *in*: Bacterial Wilt: The Disease and Its Causative Agent, *Pseudomonas solanacearum*. (Hayward, A. C. and G. L. Hartman, eds.) CAB International. Wallingford, UK. 259 pp.

He, L. Y. 1983. Characteristics of strains of *Pseudomonas solanacearum* from China. Plant Dis. 67:1357–1361.

Hsu, S. T. 1991. Ecology and control of *Pseudomonas solanacearum* in Taiwan. Plant Prot. Bull. 33:72–79.

Hsu, S. T., T. T. Chang, C. A. Chang, J. L. Tsai, and T. T. Tsai. 2002. List of Plant Diseases in Taiwan. 4th ed. Taiwan Phytopathological Society, Taichung, Taiwan. 386 pp. (in Chinese)

Huang, J. C., S. H. Hseu, and B. K. Sen. 2000. Bacterial wilt of jute caused by *Ralstonia solanacearum*. Plant Pathol. Bull. 9:35–38.

Kelman, A. 1954. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium. Phytopathology 44:693–695.

Lin, C. H., M. H. Chuang, and J. F. Wang. 2015. First report of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* on chard in Taiwan. Plant Dis. 99:282.

Lipson, D. A. and S. K. Schmidt. 2004. Seasonal changes in an alpine soil bacterial community in the Colorado Rocky Mountains. Appl. Environ. Microbiol. 70:2867–2879.

Opina, N., F. Tavner, G. Hollway, J. F. Wang, T. H. Li, R. Maghirang, M. Fegan, A. C. Hayward, V. Krishnapillai, W. F. Hong, B. W. Holloway, and J. N. Timmis. 1997. A novel method for development of species and strain-specific DNA probe and PCR primers for identifying *Burkholderia solanacearum* (formerly *Pseudomonas solanacearum*). Asia Pac. J. Mol. Biol. Biotechnol. 5:19–30.

Schaad, N. W., J. B. Jone, and W. Chun. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. 3rd ed. American Phytopathological Society. St. Paul, MN. 373 pp.

Tzeng, K. C. and S. C. Chang. 2013. Development of identification and detection techniques on important crop bacterial pathogen. p.125–133. *in*: The Symposium on Important Crop Pathogen Detection and Management. October 18, 2013. Taichung, Taiwan. Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Wang, H., M. Qi, and A. J. Cutler. 1993. A simple method of preparing plants samples for PCR. Nucleic Acids Res. 21:4153–4154.

Wu, Y. F., A. S. Cheng, C. H. Lin, and C. Y. Chen. 2013. First report of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* on roselle in Taiwan. Plant Dis. 97:1375.

Wu, Y. F., C. H. Lin, J. F. Wang, and A. S. Cheng. 2011. Population density of *Ralstonia solanacearum* potato strain, phylotype II/race3 biovar 2, and incidence of potato bacterial wilt in fields in Dounan, Yunlin County. Plant Pathol. Bull. 20:68–77.

Occurrence of Bacterial Wilt on Autumn Maple Tree

Chia-Hsin Tsai[1,*], Pao-Jen Ann[2], Shu-Ling Hwang[3], Yun-Sheng Lu[1], Jia-Rong Li[3], and Zi-Qing Hong[3]

Abstract

Tsai, C. H., P. J. Ann, S. L. Hwang, Y. S. Lu, J. R. Li, and Z. Q. Hong. Occurrence of bacterial wilt of autumn maple tree. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):44–52.

In 2011 some decline autumn maple trees were observed in Changhua County. The diseased trees showed leaf chlorosis, stunting, and wilt symptoms. Internally, brown discoloration of vascular tissues was observed in the infected stem. The bacteria isolated from the stem with disease symptoms formed fluidal, white colonies with pink center on triphenyl tetrazolium chloride medium. In Koch's postulates test, the inoculated autumn maple plants developed brown vascular and wilt symptoms as those observed in the field. The same bacteria were re-isolated from symptomatic plants. Based on physiological and biochemical properties, Biolog identification system, 16S rDNA sequence analysis, host range test and multiplex PCR, the causal organism was identified as *Ralstonia solanacearum* race1/biovar3/phylotype 1. This is the first report of bacterial wilt of autumn maple tree caused by *R. solanacearum* in the world.

Key words: Autumn maple tree, Bacterial wilt, *Ralstonia solanacearum*.

Received: January 21, 2016; Accepted: June 23, 2016.
[*] Corresponding author, e-mail: tsaich@tari.gov.tw
[1] Assistant Research Fellows, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Former Research Fellow and Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[3] Research Assistants, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):53–65 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.07

研究報告

不同來源大白花蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 種苗生育特性之比較

邱健誠[1] 謝廷芳[2] 戴廷恩[3,*]

摘要

邱健誠、謝廷芳、戴廷恩。2017。不同來源大白花蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 種苗生育特性之比較。台灣農業研究 66(1):53–65。

大白花蝴蝶蘭為台灣出口蝴蝶蘭最主要的品項，其代表性品種為 Phalaenopsis Sogo Yukidian ukid。此品種多年來經不同業者持續分生繁殖及選拔更新，但多數栽培者仍以 'V3' 為銷售代號。為釐清不同蘭園 'V3' 品種種苗生理特性是否相同，本研究透過生理檢測進行試驗。結果顯示，除 1 家蘭園大白花蝴蝶蘭之生長最適日/夜溫為 28/28℃之外，其餘試驗的 6 家蘭園大白花蝴蝶蘭之生長最適日/夜溫皆約為 28/23℃。因此，建議種苗在不抽梗前提之下，加大日夜溫差；光強度需求則可區分為低光度 (125 μmol m^{-2} s^{-1}) 及高光度 (250 μmol m^{-2} s^{-1}) 兩群。此外，單位葉面積 CO_2 交換量較高者，其開花品質有較佳的趨勢，但總葉面積對此效果有補強作用。整體而言，不同來源大白花蝴蝶蘭品種，種苗生育特性存在差異，影響接力或代工栽培者之管理模式及栽培成本，種苗品質不應只單純考慮葉片數等單一外觀性狀，要多考慮不同 CO_2 交換效率之差異。但此差異來自於植物遺傳生理特性或後天栽培管理所致，仍須進一步研究。

關鍵詞：CO_2 交換量、溫度、光強度、開花品質。

前言

台灣蝴蝶蘭產業因自然環境及品種多樣化等優勢條件，不僅在競爭激烈的國際花卉市場中占有一席之地，其對我國花卉產業的貢獻更是不容忽視。依據行政院農業委員會統計，2014 年蝴蝶蘭出口值達 1.33 億美元，占總花卉出口值的 65.54%。不僅在 2012 年成為首項出口值破億美元的農產品，更在其後數年持續蓬勃發展。然而，多樣化品種即意味著可能需要不同的栽培環境，特別是新品種往往尚欠缺栽培經驗，接手的國內外栽培者便無法提供最適當的環境條件，只能遵循既有的模式作試探性地栽培，容易造成外銷後植株生長及開花狀況不佳。

大白花為台灣蝴蝶蘭盆花及切花出口主要品項，以 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' 為代表，其為台霖生技公司在 1993 年培育出的品種。因花朵碩大、純白、花數多且花期長，推出至今締造了產量最大、產值最高、市場壽命最長的輝煌紀錄。但也因種苗需求量大，為確保品質，組織培養親本必須定期更新，因此部分業者常自行選育植株作為繁殖母株。然而，各業者所選育之植株可能存在生育特性差異，致影響後續種苗品質及開花性狀表現，進而影響接力栽培者的購買意願。因此不同業者生產之 *Phal.* Sogo Yukidian 'V3' 品種，其種苗生育及開花所需環境條件是否相同，亟待調查，但目前尚未有相關研究可供參考。

為瞭解大白花品種生育及開花特性之差異

投稿日期：2016 年 1 月 20 日；接受日期：2016 年 6 月 24 日。
* 通訊作者：tedai@tari.gov.tw
[1] 行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心研究助理。台灣 雲林縣。
[2] 行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心研究員兼主任。台灣 雲林縣。
[3] 行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心研究員兼系主任。台灣 雲林縣。

程度，以及目前各家種苗以葉片數作為出貨標準是否合理，葉片數較多是否就必然代表開花情形較佳？本試驗以不同業者生產之 *Phal.* Sogo Yukidian 'V3' 種苗進行生理特性檢測。由於植物生長以光合作用為基礎，故欲探討環境條件對於植株生長之影響，當先比較確認各環境條件下植株的光合作用能力變化。光合作用效率可利用二氧化碳 (carbon dioxide; CO_2) 交換及碳水化合物等物質之變化來評估，考量非破壞性且連續檢測的試驗需求，CO_2 應是較理想的測定項目，因此常用於探討植物生長、光合作用與環境關係 (Guo & Lee 2006; Shen *et al*. 2010)。而其測定方法一般使用單葉量測，但有易受取樣葉位影響而致誤差、難以長期監測及 CO_2 交換量小的植物不易測量等缺點，因此全株檢測有其必要。使用開放式氣體循環系統搭配複合量測箱，即可滿足全葉位、長時間、放大交換量之需求，更可重複量測、同時比較不同環境或栽培處理對作物生育因子之影響 (van Iersel & Bugbee 2000)，且必要時仍可與單一葉片光合作用量測方法互補。因此，光合作用研究者常針對試驗需求自行設計適合的系統 (Akers *et al*. 1985; Knight *et al*. 1988; Day 1990; Miller *et al*. 1996; van Iersel & Bugbee 2000; Klingeman *et al*. 2005; Chen & Lin 2012; He & Li 2014)。本試驗即以自行開發之生理檢測方法 (Ciou *et al*. 2015)，透過全株二氧化碳交換量之測量，比較營養生長與開花性狀之相關性。除了作為親本選擇及品種系選拔之參考外，也期望協助業者擬訂栽培方針。

材料及方法

本試驗以種植於 10.5 cm 盆之大白花 *Phal.* Sogo Yukidian 'V3' 大苗為材料，分別購自 7 家蘭園，以代號 A–G 表示，各家業者都是購買出貨標準的種苗，詳細種苗型態描述如表 1。植株先置於日/夜溫為 32/27℃的溫室中馴化 1 wk，再分批進行檢測。生理特性檢測分兩階段：其一是營養生長階段最適合的溫度及光照條件，其二為植株的抽梗能力及開花品質，最後再比較營養生長與開花品質之關聯性。

營養生長最適條件

影響植物生理反應的因子繁多，但考量到商業溫室能有效控制的項目和範圍，以及檢測技術、時間與成本，本試驗選定的試驗條件計有日溫 (D)、夜溫 (N) 及光強度 (L) 3 項。日溫範圍為 26–35℃，夜溫範圍為 21–30℃，光強度範圍為 80–300 μmol m^{-2} s^{-1} (光源為 T5 日光燈，亞東，台灣)，濕度為 70–95% RH 之間。由於各條件之組合相當龐雜，為求檢測效率及避免試驗期間過長影響結果，本試驗參考 Ciou *et al*. (2015) 的方法，以 Design-Expert 軟體 (V8.0.7.1, Stat-Ease, Inc., Minneapolis, USA) 進行中央合成設計 (central composite design; CCD) 來編選條件組合，每品種 18 組，試驗變數及位準設計如表 2 所列。其中，包含 8 組複因子試驗點、6 組軸上點及 4 組中心點，其組合內容如表 3 所列。

表 1.　不同來源蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' 種苗型態。

Table 1.　The morphology of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' from different growers.

Plant source (grower)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf number
A	-[z]	-	5.08 e
B	194.48 d[y]	81.91 a	7.79 c
C	208.76 c	80.68 b	8.36 a
D	154.60 f	67.10 e	5.18 e
E	185.43 e	71.51 d	7.14 d
F	217.98 b	78.27 c	8.09 b
G	238.02 a	82.69 a	8.06 b

[z] Missing data.

[y] Means within column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表 2. 本研究之試驗變數及位準設計。

Table 2. Coded levels for the independent variables.

Independent variable	Symbol	Level	
		Coded	Uncoded
Day temperature (℃)	D	-1.68	26.3
		-1	28.0
		0	30.5
		1	33.0
		1.68	34.7
Night temperature (℃)	N	-1.68	21.3
		-1	23.0
		0	25.5
		1	28.0
		1.68	29.7
Light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	L	-1.68	82.4
		-1	125.0
		0	187.5
		1	250.0
		1.68	292.6

表 3. 本研究之試驗設計及條件組合。

Table 3. The arrangement and responses of Central Composite design.

Treatment	Coded			Variable		
	D	N	L	D (℃)	N (℃)	L (μmol m^{-2} s^{-1})
1	-1.68	0	0	26.3	25.5	187.5
2	-1	-1	-1	28.0	23.0	125.0
3	-1	-1	1	28.0	23.0	250.0
4	-1	1	-1	28.0	28.0	125.0
5	-1	1	1	28.0	28.0	250.0
6	0	-1.68	0	30.5	21.3	187.5
7	0	0	-1.68	30.5	25.5	82.4
8	0	0	0	30.5	25.5	187.5
9	0	0	0	30.5	25.5	187.5
10	0	0	0	30.5	25.5	187.5
11	0	0	0	30.5	25.5	187.5
12	0	0	1.68	30.5	25.5	292.6
13	0	1.68	0	30.5	29.7	187.5
14	1	-1	-1	33.0	23.0	125.0
15	1	-1	1	33.0	23.0	250.0
16	1	1	-1	33.0	28.0	125.0
17	1	1	1	33.0	28.0	250.0
18	1.68	0	0	34.7	25.5	187.5

本試驗利用自行設計的抽氣線路組 (Ciou *et al*. 2015)，以二氧化碳/水氣分析儀 (CO_2/H_2O analyzer, LICOR-840A, LI-COR, Inc., NE, USA) 監測全株的 CO_2 交換量。試驗以 5 株為 1 組，植株於試驗前 1 d 均先充分給水。每次試驗為期 72 h，每 4 min 記錄一次，只擷取最後 24 h 內 CO_2 交換量，並依 Long & Hällgren (1985, 1993) 的方法計算單位葉面積之光合作用速率，再依各組結果推算該品種的適性趨勢。

此外，為避免植株生長勢之差異影響試驗結果，除於試驗前將植株平均分組外，並於試驗後量取植株總葉面積，列入結果判讀。葉面積之計算，參考 Lin & Lee (1988) 的方法，以葉面積 = 葉長 × 葉寬 × 品種常數 (K) 作估算。常數 K 為葉面積和葉片長寬乘積之間的差距修正參數，通常介於 0.7–0.8 之間，據此可以葉片長寬快速估算葉面積，減少測定困難。

開花品質測定

本階段試驗在雲林縣古坑鄉花卉研究中心溫室中進行，溫室日/夜溫設定為 23–25/18–20℃，光度維持在 175–275 μmol m^{-2} s^{-1} 之間，濕度則為 70–90% RH。每品種試驗植株 15 株，依一般栽培方式管理，視介質乾濕程度，每 1–2 wk 澆水 1 次，間隔 2 次澆水後，澆施 20N-8.6P-16.6K (Scotts Inc., The Netherlands) 2,000×。並調查抽梗率、抽梗天數、開花天數、花朵數、花徑及花梗長等，作為品質判定依據。抽梗及開花天數以植株移入溫室當日為起始，至花梗抽出 0.5 cm 為止，其差距天數為抽梗天數；至第 1 朵花完全展開為止，其差距天數為開花天數；花朵數則為每株平均花朵數；花徑以完全展開的第 1 朵花最大展幅為準，花梗長則為花梗基部至第 1 分支或第 1 朵花的長度。試驗數據以統計軟體 Costat 6.1 (CoHort Software, USA) 進行變方分析與最小顯著差異性測驗 (Fisher's protected least significant difference test; LSD test, $P < 0.05$)。

結果與討論

營養生長檢測

在營養生長檢測中，最適條件大多為較低日溫及低夜溫。雖然偏低溫的條件群組多半較偏高溫者有較高的淨 CO_2 交換量，且最適條件大多為低日溫 (28℃) 及低夜溫 (23℃) (此指本試驗條件範圍的低溫)，但不同來源 'V3' 對於不同溫度的反應仍有差異。在此階段僅以氣體交換效率討論最適合溫度，考慮低夜溫可能促進抽梗，實際栽培應用時，夜溫必須適度提高到 26℃以上。而對光強度的偏好 (高光照或低光照) 並不一致，其影響亦不盡相同，多為配合溫度微調結果的輔助性因子 (光強度影響結果不在曲面圖中呈現)。蝴蝶蘭需要 26℃或以下的低溫才能誘導抽梗開花，但 8 小時或更長時間的高日溫 (29℃)，可以抑制部分蝴蝶蘭及朵麗蝶蘭雜交種的抽梗 (Newton & Runkle 2009)。Wang (2007) 研究指出日夜溫對於 *Doritis pulcherrima* 雜交種苗的生長與開花有不同影響，較高夜溫會抑制葉片生長，降低葉幅及減少葉片數；而白天的低溫對於開花則有比較大的決定因素。

A 蘭園之 'V3' 品種 (以下簡稱為 'V3-A'，其餘 6 家亦同) 的變方分析結果如表 4，為一階模式，估計的淨光合作用值 (net photosynthesis, Pn) = 30.88 − 0.24D − 0.69N − 7.88e^{-005}L；R^2 = 0.69。推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/23℃，光強度約 125 μmol m^{-2} s^{-1}。其對夜溫的敏感度遠高於日溫 (圖 1A)，但光強度高低對 CO_2 交換量的影響甚小 (限於本試驗範圍內)，因此在栽培上，應先確保夜溫可達到 23℃，而光強度僅須控制在一定範圍內即可。然而，Yoneda (2007) 指出，蝴蝶蘭在 20–25℃時即可能開始生殖生長，造成植株未依規劃時間抽梗，因此必須視情況修改栽培條件。依據前人研究 (Blanchard & Runkle 2006; Huang *et al*. 2008; Newton & Runkle 2009)，適當提高日溫，即可抵銷低夜溫的刺激，產生抑梗效果。或如 Liu *et al*. (2010) 所提出，增加遮蔭亦可延遲朵麗蝶蘭抽梗，但可能會降低開花品質。以 'V3-A' 而言，夜溫對其光合作

表 4. 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-A' 之反應曲面變方分析。

Table 4. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-A'.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	36.82505	3	12.27502	8.94580	0.0022	Significant
A-Day	4.88272	1	4.88272	3.55843	0.0837	
B-Night	31.94199	1	31.94199	23.27872	0.0004	
C-Light	0.00033	1	0.00033	0.00024	0.9879	
Residual	16.46585	12	1.37215	-	-	
Lack of fit	14.26021	10	1.42602	1.29307	0.5128	Non-significant
Pure error	2.20564	2	1.10282	-	-	
Cor total	53.29089	15	-	-	-	
R^2 = 0.69						

用能力之影響遠高於日溫及光強度，因此在維持低夜溫的條件下，適度調整日溫及光強度應可兼顧營養生長與開花需求。'V3-B' 的變方分析結果如表 5，為一階模式 (Pn = 38.23 − 0.72D − 0.51N + 0.02L；R^2 = 0.67)，推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/23℃，光強度約 250 μmol m^{-2} s^{-1}。雖與 'V3-A' 同樣偏好日、夜低溫，但日溫的重要性高於夜溫 (圖 1B)，且高光下其 CO_2 交換量較高，若光強度減少會使 CO_2 交換量下降，惟對溫度的偏好不會因此而變動。因此，前述避免抽梗的方法不能適用，但可直接調整夜溫，唯其影響的範圍仍屬有限。整體而言，不論光度強弱，CO_2 交換量均明顯高於 'V3-A'。

'V3-C' 的變方分析結果如表 6，為一階模式 (Pn = 43.92 − 0.64D − 0.54N – 1.77e^{-003}L；R^2 = 0.67)，推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/23℃，光強度約 125 μmol m^{-2} s^{-1}。雖然最佳條件與 'V3-A' 相同，但對日夜溫的敏感度則與 'V3-B' 相似 (圖 1C)，提高光強度對 CO_2 交換量的影響不大，同樣也不影響對溫度的偏好。'V3-D' 的變方分析結果如表 7，為一階模式 (Pn = 34.31 − 0.42D − 0.59N + 0.02L；R^2 = 0.59)，推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/23℃，光強度約 250 μmol m^{-2} s^{-1}。最適溫度及光度條件與 'V3-B' 相似，且光強度減少的影響亦相同，但夜溫的重要性略高於日溫，仍與 'V3-B' 有所不同。此外，'V3-C' 及 'V3-D' 的 CO_2 交換量為 7 家蘭園中最高，但前者在不同光強度下，CO_2 交換量皆無顯著變化，後者則易受光強度改變而有所波動 (圖 1)。

'V3-E' 的變方分析結果如表 8，為一階模式 (Pn = -155.01 + 5.22D + 4.34N + 0.38L − 0.14DN − 0.01DL − 6.64e^{-004}NL；R^2 = 0.70)，推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/28℃，光強度約 250 μmol m^{-2} s^{-1}。此條件在本試驗中較特殊，雖同樣偏好低日溫，但對於夜溫則是高溫的接受度較佳，因此最適條件為日夜恆溫。然而，其各因子的影響力及變化皆與前述不同，在高光照環境下，日溫的影響遠大於夜溫，且低日溫下 CO_2 交換量優於高日溫。但高夜溫不僅滿足最適條件 (日/夜溫 28/28℃)，同時也是最劣條件 (日/夜溫 33/28℃) 的組成。因此，決定夜溫高低時，須同時考量日溫及光強度較為妥當 (圖 1E)。另外，當光強度降低時，低日溫的優勢會逐漸被逆轉，且日溫的重要性也會隨之降低。夜溫則仍須協同日溫共同決定，但其影響並不隨光強度而變動。因此，在低光照環境下，最適條件會成為高日溫且低夜溫。但無論光強度如何變動，高日、夜溫組合皆無法獲得較高的 CO_2 交換量。

'V3-F' 的變方分析結果如表 9，為一階模式 (Pn = 26.12 − 0.31D − 0.51N + 9.67e^{-003}L；R^2 = 0.45)，推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/23℃，光強度約 250 μmol m^{-2} s^{-1}。其日溫、夜溫、光強度適性皆與 'V3-D' 相似，但

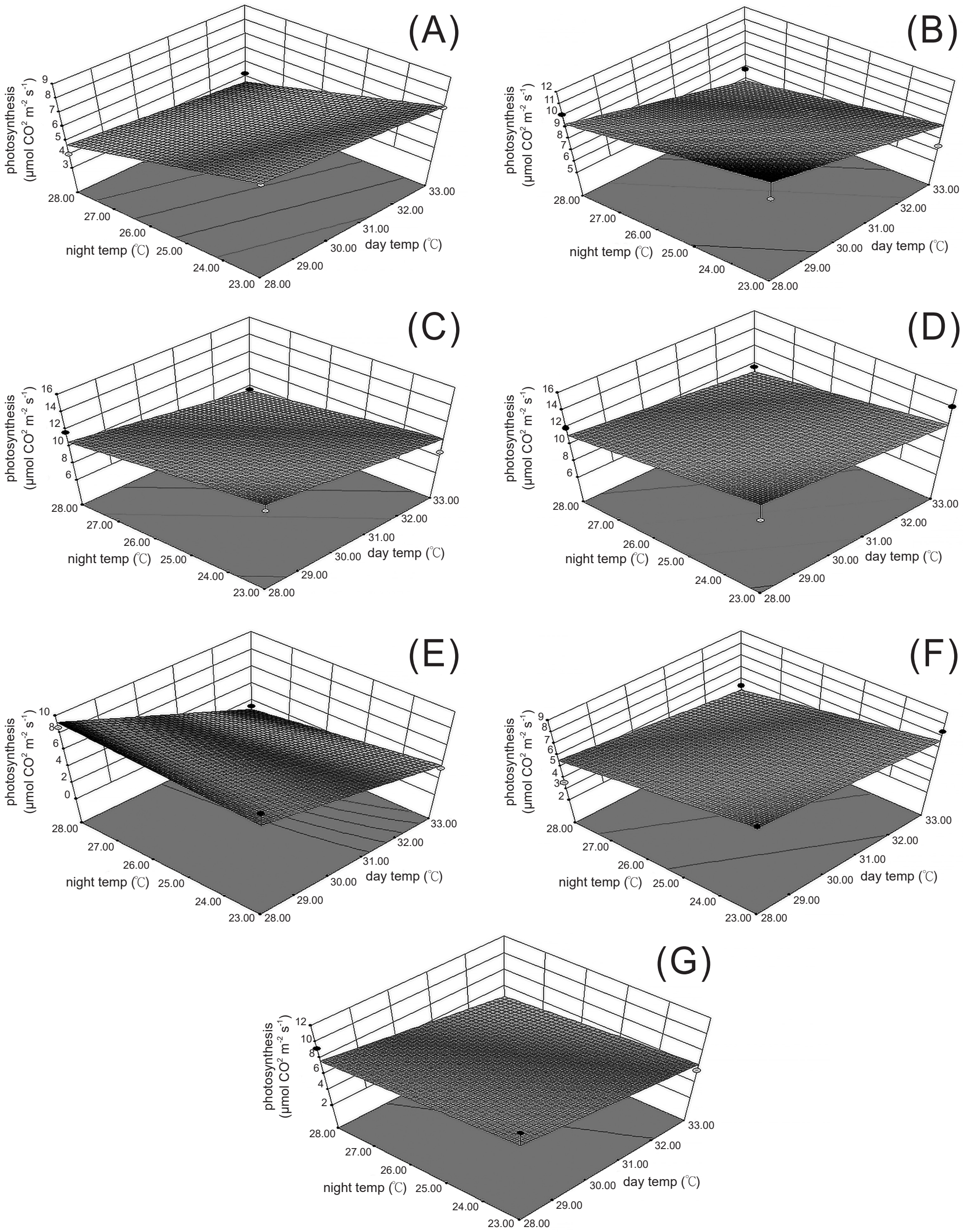

圖 1.　不同來源蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3’ 光合作用反應曲面。光強度 (μmol m^{-2} s^{-1})：A = 125，B = 250，C = 125，D = 250，E = 250，F = 250，G = 125。

Fig 1.　The response surface diagram of photosynthetic characteristics of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3’ from different growers. The light intensity (μmol m^{-2} s^{-1}): A = 125, B = 250, C = 125, D = 250, E = 250, F = 250, G = 125.

CO_2 交換量完全達不到 ‘V3-D’ 的水平。‘V3-G’ 的變方分析結果如表 10，為一階模式 (Pn = 34.44 − 0.58D − 0.31N − 0.01L；R^2 = 0.47)，推估最佳栽培環境條件為日/夜溫約 28/23℃，光強度約 125 μmol m^{-2} s^{-1}。亦屬於低日溫、低夜溫且低光照的類型，且隨著光強度增加，CO_2 交換量會等值下降，但整體趨勢不變，皆是日溫的重要性高於夜溫 (圖 1G)。

表 5. 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3-B’ 之反應曲面變方分析。

Table 5. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3-B’.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	93.20634	3	31.06878	9.46460	0.0011	Significant
A-Day	44.22237	1	44.22237	13.47162	0.0025	
B-Night	22.22396	1	22.22396	6.77017	0.0209	
C-Light	26.76000	1	26.76000	8.15199	0.0127	
Residual	45.95684	14	3.28263	-	-	
Lack of fit	38.81974	11	3.52907	1.48340	0.4143	Non-significant
Pure error	7.13710	3	2.37903	-	-	
Cor total	139.16320	17	-	-	-	
R^2 = 0.67						

表 6. 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3-C’ 之反應曲面變方分析。

Table 6. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3-C’.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	59.80291	3	19.93430	9.58811	0.0011	Significant
A-Day	34.39565	1	34.39565	16.54381	0.0012	
B-Night	25.23989	1	25.23989	12.14002	0.0036	
C-Light	0.16737	1	0.16737	0.08050	0.7808	
Residual	29.10691	14	2.07906	-	-	
Lack of fit	15.99015	11	1.45365	0.33247	0.9236	Non-significant
Pure error	13.11676	3	4.37225	-	-	
Cor total	88.90982	17	-	-	-	
R^2 = 0.67						

表 7. 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3-D’ 之反應曲面變方分析。

Table 7. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3-D’.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	66.94623	3	22.31541	6.71791	0.0049	Significant
A-Day	14.70259	1	14.70259	4.42612	0.0539	
B-Night	29.96696	1	29.96696	9.02136	0.0095	
C-Light	22.27668	1	22.27668	6.70625	0.0214	
Residual	46.50491	14	3.32178	-	-	
Lack of fit	41.43127	11	3.76648	2.22709	0.2770	Non-significant
Pure error	5.07364	3	1.69122	-	-	
Cor total	113.45110	17	-	-	-	
R^2 = 0.59						

表 **8.** 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-E' 之反應曲面變方分析。

Table 8. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-E'.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	70.41445	6	11.73574	4.28947	0.0179	Significant
A-Day	30.29924	1	30.29924	11.07451	0.0067	
B-Night	2.33218	1	2.33218	0.85242	0.3757	
C-Light	5.55440	1	5.55440	2.03016	0.1820	
AB	6.44393	1	6.44393	2.35529	0.1531	
AC	25.69859	1	25.69859	9.39296	0.0108	
BC	0.08612	1	0.08612	0.03147	0.8624	
Residual	30.09537	11	2.73594	-	-	
Lack of fit	10.01746	8	1.25218	0.18710	0.9741	Non-significant
Pure error	20.07791	3	6.69264	-	-	
Cor total	100.50980	17	-	-	-	
$R^2 = 0.70$						

表 **9.** 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-F' 之反應曲面變方分析。

Table 9. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-F'.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	30.30781	3	10.1026	3.60211	0.0431	Significant
A-Day	8.11912	1	8.11912	2.89489	0.1126	
B-Night	17.20054	1	17.20054	6.13289	0.0278	
C-Light	4.98815	1	4.98815	1.77854	0.2052	
Residual	36.46030	13	2.80464	-	-	
Lack of fit	26.17987	10	2.61798	0.76397	0.6749	Non-significant
Pure error	10.28043	3	3.42681	-	-	
Cor total	66.76811	16	-	-	-	
$R^2 = 0.45$						

表 **10.** 蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-G' 之反應曲面變方分析。

Table 10. The analysis of variance (ANOVA) for response surface of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3-G'.

Source	Sum of square	df	Mean square	F value	*P*-value Prob > F	
Model	45.81637	3	15.27212	4.10679	0.0276	Significant
A-Day	28.96811	1	28.96811	7.78974	0.0144	
B-Night	8.32368	1	8.32368	2.23830	0.1568	
C-Light	8.52458	1	8.52458	2.29232	0.1523	
Residual	52.06251	14	3.71875	-	-	
Lack of fit	45.7944	11	4.16313	1.99253	0.3113	Non-significant
Pure error	6.26811	3	2.08937	-	-	
Cor total	97.87888	17	-	-	-	
$R^2 = 0.47$						

整體而言，除了 ‘V3-E’ 之外，最適條件皆為日/夜溫 28/23℃的組合，而光強度的適性則有 125 或 250 μmol m^{-2} s^{-1} 之差別 (表 11)。改變光強度是否影響 CO_2 交換量亦各有不同，但均不會改變曲面圖的構型，意即光強度的影響為全面性，不會針對單一條件點作額外加成。因此在栽培上，應先確保日/夜溫可達 28/23℃，並依前述選擇適當的方法避免植株於預定的時間外抽梗。但若因成本考量須於日、夜溫擇一時，則須確認其日、夜溫影響力孰為輕重？在選擇正確溫度之後，再依光強度適性選擇強光或弱光，方可有效發揮光強度的影響力。‘V3-E’ 因曲面圖變化較大，若無法依試驗結果設置環境條件，則不宜任意除去部分因子，如將最適條件之光強度下修，則 CO_2 交換量將僅剩一半，因此應依據曲面圖作詳細評估。由此本研究數據顯示，即使均稱為 ‘V3’ 品種，但不同來源種苗生育特性也有明顯差異存在，而此差異可能來自於種苗本身生理遺傳或業者栽培管理等。因此，業者栽培不同來源種苗時，務必先確認該批種苗生育需求，配合擬訂適當栽培方針，依據其特性選擇最適者。

此外，Niu *et al.* (2001) 曾提出，風鈴草 (*Campanula carpatica*) 的開花時間與每日平均溫度有密切關聯性，但與達成此均溫的日夜溫組合方式無明顯關聯。儘管蝴蝶蘭與風鈴草的生理機制可能完全不同，但在本試驗中，欲達到相同的光合作用水平時，如提高夜溫，通常必須伴隨著日溫的調降，意即每日均溫相近的條件組合較能得到近似的光合作用值。但並非全部試驗結果均有此趨勢，亦不可將此原則無限延伸以獲得極端條件組合，因此每日均溫的概念尚有進一步研究的必要。

開花品質檢測

就第一花梗而言，在日/夜溫 23/18℃的環境下，所有試驗植株皆會抽梗，可確認此條件所得結果不會因抽梗數少而有所偏差。在抽梗所需天數方面，‘V3-A’ 費時最久，幾可達其他蘭園的 2 倍，可能造成催花成本提升及降低周轉率的問題。‘V3-D’ 次之，其餘則多半可在 1 個月內開始抽梗。而開花所需天數仍以 ‘V3-A’ 及 ‘V3-D’ 最久，其次為 ‘V3-E’ 及 ‘V3-F’，此結果造成抽梗速度的優勢減少，惟本試驗並無在低溫催梗後回溫之規劃。Paradiso & De Pascale (2012) 及 Paradiso *et al*. (2012) 均指出，降低溫度可能延遲蝴蝶蘭開花，而提高溫度則有加速作用，但溫度過高可能會伴隨著花朵品質下降的問題。花朵數方面，可以 10 朵為界概略分為 BCG 群及 ADEF 群，此結果與開花所需天數相同。花徑分群則與前述相似，唯 ‘V3-D’ 併入 BCG 群中。花梗長度則以 50 cm 為準區分為 AD 群及 BCEFG 群 (表 12)。

由於只有 ‘V3-C’ 及 ‘V3-D’ 抽出第 2 花梗，因此雙梗與否成為一項重要特性。對於要求整齊度的業者，40% 的抽梗率並不能有效提升整體品質，反而易造成規格不一致，因此選擇僅有單梗的類型較易管控。然而對於花朵數要求多的業者來說，第 2 梗的品質尚佳，在投資成本相同的情況下，若兩梗的抽梗時間相當接近，雙梗將成為其優勢特性。

表 11. 不同來源蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3’ 最適日/夜溫及光強度條件。

Table 11. The optimum day/night temperatures and light intensity for *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3’ from differnt growers.

Plant source (grower)	Day temperature (℃)	Night temperature (℃)	Light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})
A	28	23	125
B	28	23	250
C	28	23	125
D	28	23	250
E	28	28	250
F	28	23	250
G	28	23	125

表 12. 不同來源蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' 之開花性狀。

Table 12. The flower quality of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' from different growers[z].

Plant source (grower)	Spiking rate (%)		Days to spiking (day)		Days to first flower open (day)		No. of flowers/spikes			Flower size (cm)		Spike length (cm)	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	Total[y]	1st	2nd	1st	2nd
A	100	0	52.80 a[x]	-[w]	141.10 a	-	7.00 d	-	7.00 c	11.69 d	-	43.40 b	-
B	100	0	28.38 d	-	118.88 c	-	10.38 b	-	10.38 b	13.01 ab	-	55.75 a	-
C	100	33.33	31.97 c	35.40 b	110.77 d	114.90 b	10.07 b	7.80 a	12.67 a	12.76 b	12.14 a	58.80 a	55.70 a
D	100	40.00	38.13 b	44.33 a	137.73 a	145.25 a	8.40 c	6.75 b	10.20 b	13.02 ab	12.08 a	46.33 b	45.33 b
E	100	0	23.80 e	-	125.20 bc	-	7.70 cd	-	7.70 c	12.22 c	-	55.86 a	-
F	100	0	23.40 e	-	127.80 b	-	8.30 cd	-	8.30 c	12.18 c	-	56.81 a	-
G	100	0	27.40 d	-	110.00 d	-	12.29 a	-	12.29 a	13.16 a	-	59.38 a	-

[z] Forcing periods: A: Nov. 1, 2012 to May 22, 2013; B: Jul. 29, 2014 to Jan. 8, 2015; C: Apr. 12, 2013 to Sep. 9, 2013, D: Dec. 17, 2013 to Jun. 12, 2014; E: Aug. 25, 2014 to Feb. 28, 2015; F: Aug. 25, 2014 to Feb. 28, 2015; G: Apr. 17, 2014 to Sep. 23, 2014.

[y] Total flowers no. of 1st and 2nd spikes, respectively.

[x] Means within column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

[w] No spiking.

考量雙梗對整體品質的提升效果，並計入抽梗率的影響，以兩個花梗的總花朵數除以植株數計算每株平均花朵數，依此結果，花朵數為 BCDG 群及 AEF 群，即與花徑分群相同 (表 12)。而由此可歸納出：'V3-B'、'V3-C'、'V3-G' 在各項目中表現均佳，'V3-D' 居次，'V3-E' 及 'V3-F' 再次之，'V3-A' 較差。

綜合比較

就單位葉面積 CO_2 交換量而言，較高的為 'V3-B'、'V3-C' 及 'V3-D'，除 'V3-G' 以外，其餘皆與花朵數及花徑項目的分群相同，顯示光合作用能力與開花品質有一定程度的關聯性。若再依單位葉面積 CO_2 交換量細分為 CD 及 B 兩群，可發現較低的 B 群擁有相對較大之總葉面積 (總葉面積較大亦同，且其葉面積更大)，使得總交換量隨之提升，意即光合作用能力除了品種特性外，也可用量變帶動質變，彌補先天的不足。然而量變有其極限，如 'V3-F' 即無法藉由增加葉面積而得到較好的開花品質。但 'V3-D' 的單位葉面積 CO_2 交換量雖高，葉面積卻明顯較小，使得總交換量下滑，儘管花朵數及花徑仍可維持一定水準，抽梗及開花時間卻延後，花梗也明顯較短 (表 12 及表 13)。

因此，當品種特性屬於單位葉面積 CO_2 交換量較低的群組時，可藉由延長栽培時間獲得較佳的開花品質，但當單位葉面積 CO_2 交換量過低時，栽培時間可能會大幅增加致不符生產成本，需詳細評估其效益。若為單位葉面積 CO_2 交換量高但葉面積小的類型，增加栽培時間固然可能提升品質，但需注意是否能提高花朵數、花徑及花梗長，否則即使開花時間提前，總栽培時間縮短的量亦有限，栽培者的利潤自然難以提升。

由於 CO_2 交換量為光合作用與呼吸作用之總和，等同於光合產物在呼吸消耗後的剩餘量，亦即植株最終貯存下來用於日後生育的能源 (蔗糖、澱粉等)。抑制光合成，減少生合成物累積會抑制開花。Wang (1995, 1997) 研究指出利用部分或高度遮蔭可以有效抑制蝴蝶蘭抽梗，即使在不加溫的情形之下。Kataoka *et al*. (2004) 指出，葉片內的蔗糖濃度與開花所需天數密切相關，會削減其濃度或減緩累積的

表 13. 不同來源蝴蝶蘭 *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' 之淨二氧化碳交換量及葉面積。

Table 13. Net carbon dioxide exchange and leaf area of *Phalaenopsis* Sogo Yukidian 'V3' from different growers[z].

Plant source (grower)	Net CO_2 exchange (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})	Total leaf area (m^2)
A	6.63 bc[y]	0.11 e
B	9.17 ab	0.32 b
C	11.07 a	0.29 c
D	11.20 a	0.13 e
E	5.47 c	0.22 d
F	6.89 bc	0.31 bc
G	7.95 bc	0.37 a

[z] Day/night temperature 30.5/25.5℃, light intensity about 185 μmol m^{-2} s^{-1}.
[y] Means within column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

因子通常也會造成開花延遲。而在本試驗中，'V3-C' 和 'V3-D' 的單位葉面積 CO_2 交換量最高，同時也是唯二具有雙梗的組別。故可以推論，高 CO_2 交換量可累積更多光合產物，以供應開花所需的消耗，而有利於開花表現。因此對於追求頂尖開花品質的業者來說，挑選單位葉面積 CO_2 交換量較高的品種應是重要的第一步。然而，在計入葉面積的總交換量中，此二者即具有顯著的差異，並隨之反應在部分的開花品質中，如 'V3-D' 的抽梗、開花時間均較晚，花梗長度亦有落差，對栽培者而言均不利。此部分或可說明為先前累積或後續生產的光合產物不足以完全供應開花時期之所需。但與 CO_2 交換量不同的是，除了天生的小型植株之外，葉面積並非固定不變的品種特性，只要增加栽培時間，在平衡成本與利潤後，仍有可能生產高品質植株。

結論

'V3' 之於蝴蝶蘭，便如同蝴蝶蘭之於台灣花卉產業，具有不可或缺及難以取代的地位。但由於其特殊背景，於市面流通之 'V3' 品系其實並不完全相同，因此在栽培上仍需斟酌調整。在本試驗中，'V3-A' 整體表現較弱，若非其適合的條件較特殊，即可能為不易栽培的弱勢植株。'V3-B' 及 'V3-G' 的單位葉面積 CO_2 交換量尚佳，但經由葉面積加成可使其達到更好的開花表現。'V3-C' 及 'V3-D' 的單位葉面積 CO_2 交換量最高，但葉面積是否足夠，對其表現具有決定性的影響，應特別留意。'V3-E' 及 'V3-F' 的單位葉面積 CO_2 交換量表現欠佳，葉面積加成效果亦有限。因此，在栽培成本的考量下，選擇單位葉面積 CO_2 交換量高的植株無疑是獲取高品質花朵的最佳途徑。

目前業者大多以葉片數作為出貨標準是否合理？葉片數較多是否就必然代表將來開花情形較佳？依據本研究結果，參試植物光合作用效率與開花品質有一定程度正相關，不應單純以生育外觀或葉片數來判定種苗未來的開花品質。光合作用效率的差異，可能來自於品系或栽培管理等差異，但數據顯示參試植株的環境需求類似，似乎後天栽培管理的影響較大，有待進一步植體分析及標準建立，才得以確認。欲生產品質優良的植株，充分表現該品種應有之價值，對其特性更精確地掌握是必要的準備，而生理特性檢測確實有助於判別植株適合的生育條件，對未來產業發展確有裨益。

引用文獻

Akers, C. P., S. W. Akers, and C. A. Mitchell. 1985. The minitron system for growth of small plant under controlled environment conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:353–357.

Blanchard, M. G. and E. S. Runkle. 2006. Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. J. Exp. Bot. 57:4043–4049.

Chen, C. C. and R. S. Lin. 2012. CO_2 uptake patterns in *Phalaenopsis amabilis*. Afr. J. Agric. Res. 7:128–141.

Ciou, J. C., T. F. Hsieh, J. R. Tsay, and T. E. Dai. 2015. Determination of physiological parameters of *Phalaenopsis* cultivars by using response surface methodology. J. Taiwan Agric. Res. 64:122–134. (in Chinese with English abstract)

Day, T. E. 1990. Fundamental Studies on Photosynthesis Characteristics of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Master thesis, Department of Horticulture, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 50 pp.

Guo, W. J. and N. Lee. 2006. Effect of leaf and plant age, and day/night temperature on net CO_2 uptake in *Phalaenopsis amabilis* var. *formosa*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131:320–326.

He, M. H. and K. T. Li. 2014. The plastic tunnel system reduced irradiance, and whole plant photosynthesis and vegetative growth in strawberry cultivation. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 60:41–49.

Huang, C. H., H. S. Hsuan, S. H. Huang, and K. L. Huang. 2008. Effect of different day/night temperatures on flower-stalk emergence inhibition and flowering of *Phalaenopsis* hybrids. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 54:11–23.

Kataoka, K., K. Sumitomo, T. Fudano, and K. Kawase. 2004. Changes in sugar content of *Phalaenopsis* leaves before floral transition. Sci. Hortic. 102:121–132.

Klingeman, W. E., M. W. van Iersel, J. G. Kang, R. M. Auge, J. L. Moore, and P. C. Flanagan. 2005. Whole-plant gas exchange measurements of mycorrhizal "Iceberg" roses exposed to cyclic drought. Crop Prot. 24:309–317.

Knight, S. L., C. P. Akers, S. W. Akers, and C. A. Mitchell. 1988. Minitron III system for precise control of the plant growth environment. Photosynthetica 22:90–98.

Lin, C. M. and N. Lee. 1988. Leaf area estimation and the effect of temperature on the growth of Phalaenopsis leaves. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 34:73–80. (in Chinese with English abstract)

Liu, C. H., Y. C. Liu, W. H. Chen, and H. L. Wang. 2010. Effects of underneath-bench shading treatment on spiking and flowering of *Doritaenopsis*. J. Agri. Assoc. Taiwan 11:501–513. (in Chinese with English abstract)

Long, S. P. and J. E. Hällgren. 1985. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory. p.62–94. *in*: Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. (Coombs, J., D. O. Hall, S. P. Longand, and J. M. O. Scurlock, eds.) Pergamon Press. Oxford, UK. 298 pp.

Long, S. P. and J. E. Hällgren. 1993. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory. p.129–167. *in*: Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual. (Hall, D. O., J. M. O. Scurlock, H. R. Bolhàr-Nordenkampf, R. C. Leegood, and S. P. Long, eds.) Chapman and Hall. London, UK. 464 pp.

Miller, D. P., G. S. Howell, and J. A. Flore. 1996. A whole-plant, open, gas-exchange system for measuring net photosynthesis of potted woody plants. HortScience 31:944–946.

Newton, L. A. and E. S. Runkle. 2009. High-temperature inhibition of flowering of *Phalaenopsis* and *Doritaenopsis* orchids. HortScience 44:1271–1276.

Niu, G., R. D. Heins, A. C. Cameron, and W. H. Carlson. 2001. Day and night temperatures, daily light integral, and CO_2 enrichment affect growth and flower development of *Campanula carpatica* 'Blue Clips'. Sci. Hortic. 87:93–105.

Paradiso, R., A. Maggio, and S. De Pascale. 2012. Moderate variations of day/night temperature affect flower induction and inflorescence development in *Phalaenopsis*. Sci. Hortic. 139:102–107.

Paradiso, R. and S. De Pascale. 2012. The influence of day/night thermal regime on growth and flowering of *Phalaenopsis* 'Premium'. Acta Hortic. 937:609–614.

Shen, Z. G., C. Q. Chen, L. L. Wang, B. Jiang, and H. F. Lu. 2010. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of three *Dendrobium* species. Acta Bot. Boreal.-Occid. Sin. 30:2067–2073.

van Iersel, M. W. and B. Bugbee. 2000. A multiple chamber, semicontinuous, crop carbon dioxide exchange system: Design, calibration, and data interpretation. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 125:86–92.

Wang, Y. T. 1995. *Phalaenopsis* orchid light requirement during the induction of spiking. HortScience 30:59–61.

Wang, Y. T. 1997. *Phalaenopsis* light requirements and scheduling of flowering. Orchids 66:934–939.

Wang, Y. T. 2007. Average daily temperature and reversed day/night temperature regulate vegetative and reproductive responses of a *Dortis pulcherrima* Lindley hybrid. HortScience 42:68–70.

Yoneda, K. 2007. Phalaenopsis. Agricultural Extension Center, National Chung Hsing University. Taichung, Taiwan. 180 pp.

The Comparison of Physiological Characteristics of Different Clones of a White *Phalaenopsis* Sogo Yukidian Cultivar

Jian-Cheng Ciou[1], Ting-Fang Hsieh[2], and Ting-En Dai[3,*]

Abstract

Ciou, J. C., T. F. Hsieh, and T. E. Dai. 2017. The comparison of physiological characteristics of different clones of a white *Phalaenopsis* Sogo Yukidian cultivar. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):53–65.

The clones of *Phalaenopsis* Sogo Yukindian 'V3', a large white flower cultivar, are the major export *Phalaenopsis* in Taiwan. The clones have been selected and micropropagated for many years, while most growers use 'V3' as the code for marketing. The aim of this research is to clarify the physiological characteristics of these clones from different growers. The results showed that optimum day/night temperatures of 'V3' clones from 6 different sources were about 28/23℃, except for one which were 28/28 ℃. The optimal light intensity ranged from 125 to 250 μmol m^{-2} s^{-1}, depending on plant sources. In addition, the plant with higher CO_2 exchange rate per unit leaf area showed better flower quality, but affected by the sum of total leaf area. Overall, these clones from different growers exhibited different physiological characteristics which will influence the cultural management and cost for each grower. The plant quality cannot be simply considered by leaf numbers or other appearance characteristics. The difference in CO_2 exchange efficiency is an important factor should be considered. Whether the difference is due to plant genetic or cultivation management needs further study.

Key words: CO_2 exchange rate, Day/night temperatures, Light intensity, Flower quality.

Received: January 20, 2016; Accepted: June 24, 2016.
* Corresponding author, e-mail: tedai@tari.gov.tw
1 Research Assistant, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.
2 Research Fellow and Director, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.
3 Research Fellow and Department Head, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):66–73 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.08 研究報告

甘藷基腐病防治藥劑篩選

黃巧雯[1] 楊宏仁[2] 林靜宜[1] 許淑麗[3] 柯文琪[3] 倪蕙芳[4,*]

摘要

黃巧雯、楊宏仁、林靜宜、許淑麗、柯文琪、倪蕙芳。2017。甘藷基腐病防治藥劑篩選。台灣農業研究 66(1):66–73。

甘藷基腐病為近年來甘藷之重要病害之一，本研究針對該病原菌 (*Phomopsis destruens*) 進行其防治藥劑篩選評估，測試殺菌劑對本菌之菌絲生長及分生孢子發芽影響。結果顯示，撲克拉錳、貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、滅特座、貝芬菲克利及腐絕等 8 種藥劑處理皆可有效抑制菌絲生長，而在 10 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度下，賽普護汰寧、撲克拉錳、貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、亞托敏、依普同、滅特座、扶吉胺、貝芬菲克利及腐絕等 12 種藥劑皆可顯著降低病原菌之分生孢子發芽。另於溫室實際應用克熱淨、滅特座、扶吉胺、貝芬菲克利、腐絕及菲克利腐絕等 6 種化學藥劑進行甘藷基腐病之防治測試，結果顯示腐絕、菲克利腐絕及貝芬菲克利等 3 種藥劑施用時可顯著抑制此本病害之發生。進一步瞭解腐絕在藷塊上農藥殘留情形，結果顯示於施用後 30 d 及 60 d，藷塊之藥劑殘留量皆為 0.1 mg L^{-1} 以下，為低殘留藥劑，建議未來可考量優先以腐絕為供試藥劑進行甘藷基腐病之田間防治試驗。

關鍵詞：甘藷、基腐病、甘藷基腐病菌、藥劑篩選。

前言

甘藷 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 為旋花科 (Convoluvlaceae) 甘藷屬 (Ipomoea) 作物，原產於熱帶美洲的墨西哥地區。據台灣文獻記載，甘藷自明末荷蘭占領台灣時期由福建傳入台灣栽培，距今已有 400 多年歷史。因台灣位於熱帶和亞熱帶之間，環境適宜甘藷生長，又是重要的雜糧、蔬菜、加工、飼料與能源作物之一，用途甚廣，故甘藷成為台灣重要雜糧作物之一 (Lai *et al*. 2008)。近年甘藷平均年栽培面積均為 1 萬多公頃左右，總產量約 20 萬餘公噸，其主要供國內食用、葉菜用及食品加工用為主。隨著時代的進步，國人對天然高纖維健康食物的需求量日增，甘藷因而成為國內備受關注之重要農作物。

甘藷之重要病害有由 *Sweet potato feathery mottle virus* (SPFMV)、*Sweet potato latent virus* (SPLV) 及 *Sweet potato leaf curl virus* (SPLCV) 等病毒引起之病毒病，在未控制病毒病之狀況下會造成 30% 以上之損失 (Chung *et al*. 1981; Chung *et al*. 1985)，目前已藉由國內健康種苗之推動，漸漸受到控制。另外，由細菌 *Ralstonia solanacearum* 引起之青枯病，大多僅於葉用甘藷品種上發生 (Chen *et al*. 2012)。而由 *Phomopsis destruens* 引起之基腐病 (foot root) 則為近年來重要之真菌性病害，其主要病徵為甘藷莖基部產生黑褐色乾腐，並向上造成地上部迅速褐化乾枯，受害株生長勢衰弱，進而藤蔓黃化枯萎、乾枯死亡；而地下部塊根受害部位表面呈淡褐色濕腐，剖開受害塊根其組織褐色腐爛具濕臭味，

投稿日期：2016 年 5 月 12 日；接受日期：2016 年 6 月 27 日。
[*] 通訊作者：hfni@dns.caes.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 嘉義市。
[2] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所研究員兼分所長。台灣 嘉義市。
[3] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系研究助理。台灣 嘉義市。
[4] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系副研究員兼系主任。台灣 嘉義市。

進而導致罹病株幾乎無法收成及塊根無商品價值 (Harter & Weimer 1929; Huang *et al*. 2012; Clark *et al*. 2013)。從過去研究顯示，目前主要栽培的甘藷品種之「台農 57 號」及「台農 66 號」及葉菜用甘藷「台農 71 號」等對基腐病菌皆不具抗病性 (Shen *et al*. 2013)，而目前已推薦之防治方法有選用健康種苗、罹病田淹水 2 wk 以上及與水稻輪作等方式 (Huang *et al*. 2016)。然而淹水及水稻輪作等方法在台中大雅、沙鹿及台北萬里等地田區因缺水並不適用。因此，本研究擬針對基腐病菌篩選具有效抑病菌效果的殺菌劑，並進行溫室試驗以評估其對基腐病防治之潛力，作為提供未來田間防治甘藷基腐病之參考。

材料與方法

病原菌分離、保存及接種源製備

將罹病甘藷植株藤蔓以清水洗淨，再以 75% 酒精消毒 30 s，繼而以 0.5% 次氯酸鈉漂洗消毒 30 s，最後再以無菌水漂洗 2 次。自然風乾後，利用滅菌過之解剖刀切取藤蔓上病健部組織，置於以乳酸 (lactic acid) 酸化至 pH 值為 3.8 之 APDA 培養基上。APDA 配製方法，為將 750 μL 50% (v/v) 乳酸溶液加入已滅菌降溫到約 55℃之 300 mL PDA (potato dextrose agar, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) 中輕晃混勻，再倒入 8.5 cm 培養皿中備用。待分離之病原長出後，將其單一菌絲尖端移至 PDA 培養基中純化。切取菌絲尖端於 PDA 進行純化培養約 14 d，待產孢後，將其孢子塗佈於 2% 水瓊脂 (water agar; WA) 培養基上進行單孢分離，並將分離株培養於 PDA 斜面，並置於 8–10℃冰箱中保存，供爾後試驗之用。接種源配製，本研究將菌株培養於表面置有甘藷莖節之 2% WA 培養基上，以 20℃定溫培養約 21 d，將在甘藷莖節上產生大量分生孢子後，以無菌水將其孢子洗下，並將分生孢子懸浮液濃度調整為每毫升含有約 10^4 分生孢子，供接種試驗用。本研究所用之菌株來源如下：SPPD-17 菌株分離自彰化縣大城鄉之罹病甘藷藤蔓、SPPD-24 菌株分離自台中太平區葉用甘藷之罹病藤蔓。

藥劑對甘藷基腐病菌菌絲生長之影響

將保存之供試菌株 SPPD-17 及 SPPD-24 移植至 PDA 平板上活化 7 d 後，再移植至 PDA 於室溫培養 14 d 後，以滅菌過之打孔器 (直徑 0.5 cm) 切取菌絲塊供試，並利用藥劑平板測試法測定供試藥劑之抑菌效果。所使用 13 種藥劑及種類如下：62.5% 賽普護汰寧 WG (cyprodinil + fludioxonil，先正達股份有限公司)、50% 撲克拉錳 WP (prochloraz-manganese，拜耳股份有限公司)、40% 貝芬依滅列 WP (carbendazim + imazalil，正農化學股份有限公司)、40% 克熱淨 WP (iminoctadine triacetate，台灣住友商事股份有限公司)、23% 菲克利腐絕 WP (hexaconazole + thiabendazole，好速化學股份公司)、31.6% 貝芬撲克拉 SE (carbendazim + prochloraz，台灣日產化工股份公司)、23% 亞托敏 SC (azoxystrobin，先正達股份有限公司)、23.7% 依普同 SC (iprodione，雅飛有限公司)、41.8% 腐絕 SC (thiabendazole，好速化學股份有限公司)、9% 滅特座 SL (metconazoloe，立農化學股份有限公司)、39.5% 扶吉胺 SC (fluazinam，台灣石原產業有限公司)、34.5% 貝芬菲克利 WP (carbendazim + hexaconazole，台益有限公司) 及 50% 福多寧 WP (flutolanil，立農化學股份有限公司)，配置成含有效成分 (a.i.) 濃度為 1 mg a.i. L^{-1}、10 mg a.i. L^{-1}、100 mg a.i. L^{-1} 之 PDA 培養基。另以不添加藥劑之 PDA 平板作為對照。將上述直徑 0.5 cm 的菌絲塊，菌絲面朝下置入直徑 8.5 cm 之含藥的 PDA 培養基平板中央，置於 25℃之定溫箱中黑暗培養。於培養後第 14 d 測量其菌絲生長直徑，每處理 6 重複，本試驗重複進行 3 次。試驗結果按下列公式換算藥劑對菌絲之生長抑制率：抑制率 (%) = [(對照組平均生長直徑 − 藥劑處理組平均生長直徑) /對照組平均生長直徑] × 100%。

藥劑對甘藷基腐病菌孢子發芽之影響

以無菌微量吸管吸取 50 μL 上述不同藥劑之溶液，置於 3 凹載玻片之凹槽內，再以無菌微量吸管吸取 1 μL 供試之 SPPD-17 及 SPPD-24 孢子懸浮液 (200 conidia μL^{-1})，滴於含農

藥之載玻片凹槽內，並混合均勻，使凹槽內混合液之藥劑有效成分濃度分別為 1 mg a.i. L^{-1} 及 10 mg a.i. L^{-1}。供試載玻片置於加有 5–10 mL 無菌水之 8.5 cm 塑膠培養皿中，以避免玻片水分蒸散，並將培養皿置於 25℃之定溫箱中，經 24 h 後於顯微鏡 (Nikon Eclipse 80i, Japan) 下觀察孢子發芽情形並逢機計算 100 顆分生孢子之發芽率。另以無菌水處理作為對照組，每個處理 2 皿，共 6 重複，本試驗重複進行 3 次。分生孢子之發芽管長度超過其孢子長度一半時，則視為發芽 (Tauro *et al*. 1986)。

以分生孢子為接種源進行藥劑對甘藷基腐病發生之影響

將甘藷「台農 71 號」之健康苗，扦插於盛裝有無菌泥炭土的長型花槽 (13 cm × 17 cm × 58 cm)，每槽各種植健康苗 10 株，共重複 3 盆。於扦插當天，每盆每株接種 SPPD-17 菌株之分生孢子懸浮液 (1 × 10^4 conidia mL^{-1}) 20 mL，於接種後 2 wk 以克熱淨可濕性粉劑稀釋 1,500×、滅特座溶液稀釋 1,000×、扶吉胺水懸劑稀釋 2,000×、貝芬菲克利可濕性粉劑稀釋 3,000×、腐絕水懸劑稀釋 1,000× 及菲克利腐絕可濕性粉劑稀釋 1,000× 等 6 種藥劑進行澆灌。每株澆灌 100 mL 藥液，每隔 2 wk 澆灌 1 次，連續澆灌 3 次。另以每株澆灌等量自來水作為對照組處理，每週觀察並記錄植株基部褐化發病情形，試驗重複 2 次。

甘藷藷塊上農藥殘留情形

本試驗分別於行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所之甘藷田進行農藥於藷塊上消退情形試驗，施藥方法以腐絕 1,000× 每隔 2 wk 澆灌 1 次，每株澆灌 100 mL 藥液。連續澆灌 3 次後，至最後一次澆灌後相隔 30、60 及 90 d 分別採集藷塊約 1 kg 後，將藷塊送至國立中興大學農產品農藥殘留檢測中心進行農藥殘留分析。其中，離最後一次澆灌後，相隔 90 d 之藷塊經自來水清洗乾淨後再送檢。

統計分析

各項處理之試驗資料利用 SAS-EG7.1 統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，再以最小顯著性差異 (least significant difference; LSD) 測驗在 5% 顯著水準下，比較處理間平均值之差異。

結果

化學藥劑對甘藷基腐病菌菌絲生長之影響

利用稀釋平板法測定賽普護汰寧等 13 種藥劑對甘藷基腐病菌菌絲在 PDA 平板上之生長抑制能力，結果如表 1 所示。*P. destruens* SPPD-17 及 SPPD-24 兩分離株於有效成分藥劑濃度 10 mg a.i. L^{-1} 及 100 mg a.i. L^{-1} 下時，撲克拉錳、貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、貝芬菲克利及腐絕等 7 種藥劑對菌絲生長皆可達到 100% 抑制率，而福多寧即使在 100 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度下，對菌絲生長完全無抑制作用。

化學藥劑對甘藷基腐病菌孢子發芽之影響

利用玻片測試法測試基腐病菌分生孢子對藥劑的感受性，結果如表 2 所示。就 SPPD-17 分離株之分生孢子而言，於 1 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度之貝芬依滅列、菲克利腐絕、亞托敏、扶吉胺及貝芬菲克利處理下，其分生孢子之發芽率皆為 4.0% 以下；而在克熱淨及滅特座兩藥劑處理下，其孢子之發芽率分別為 4.2% 及 8.2%。但當有效成分濃度提高至 10 mg a.i. L^{-1} 時，貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、亞托敏、扶吉胺及貝芬菲克利處理下，則可完全抑制分生孢子發芽。然而在 10 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度之福多寧處理下，其分生孢子發芽率仍有 81.8%。

另外，就 SPPD-24 之分生孢子而言，於 1 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度之貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、亞托敏、扶吉胺及貝芬菲克利處理下，可完全抑制分生孢子發芽，對於孢子發芽具有極佳的抑制性，其次為滅特座及撲克拉錳之處理，其孢子之發芽率分別為 0.7% 及 1.5%。當有效成分濃度提高

表 1. 不同殺菌劑對 *Phomopsis destruens* SPPD-17 及 SPPD-24 分離株菌絲生長之影響。

Table 1. Effect of fungicides on mycelial growth of *Phomopsis destruens* SPPD-17 and SPPD-24 isolate.

	Inhibition (%)[z]					
	1 mg a.i. L^{-1}		10 mg a.i. L^{-1}		100 mg a.i. L^{-1}	
Fungicide	SPPD-17	SPPD-24	SPPD-17	SPPD-24	SPPD-17	SPPD-24
62.5% Cyprodinil + Fludioxonil (WG)	62.7 e[y]	26.4 g	88.1 b	27.8 d	77.4 c	80.1 bc
50% Prochloraz-manganese (WP)	85.9 ab	78.0 cd	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
40% Carbendazim + Imazalil (WP)	43.0 f	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
40% Iminoctadine triacetate (WP)	89.6 a	89.4 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
23% Hexaconazole + Thiabendazole (WP)	48.1 f	64.4 e	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
31.6% Carbendazim + Prochloraz (SE)	83.1 ab	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
23% Azoxystrobin (SC)	50.4 f	58.1 e	60.9 c	70.3 c	61.0 d	79.6 c
23.7% Iprodione (SC)	28.6 g	42.7 f	47.7 d	21.0 d	45.0 e	19.9 d
41.8% Thiabendazole (SC)	18.3 h	59.6 e	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
9% Metconazole (SL)	79.0 bc	74.3 d	89.0 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a
39.5% Fluazinam (SC)	72.3 cd	81.9 c	87.8 b	84.3 b	88.7 b	86.7 b
34.5% Carbendazim + Hexaconazole (WP)	67.7 de	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Flutolanil (WG)	0.0 i	0.0 h	0.0 e	0.0 e	0.0 f	0.0 e
LSD (P = 0.05)	9.20	7.29	3.11	11.53	8.14	6.76

[z] Inhibition (%) = [(Diameter of mycelial growth on PDA without fungicide – diameter of mycelial growth on PDA with fungicide) / diameter of mycelial growth on PDA without fungicide] × 100%.
[y] Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

表 2. 不同殺菌劑對 *Phomopsis destruens* SPPD-17 及 SPPD-24 分離株孢子發芽之影響。

Table 2. Effects of fungicides on conidial germination of *Phomopsis destruens* using isolates of SPPD-17 and SPPD-24.

	Spore germination (%)[z]			
	1 mg a.i. L^{-1}		10 mg a.i. L^{-1}	
Fungicide	SPPD-17	SPPD-24	SPPD-17	SPPD-24
62.5% Cyprodinil + Fludioxonil (WG)	23.7 c[y]	9.7 e	9.4 c	0.3 c
50% Prochloraz-manganese (WP)	14.5 d	16.8 c	1.5 e	0.0 c
40% Carbendazim + Imazalil (WP)	3.0 fg	0.0 e	0.0 e	0.0 c
40% Iminoctadine triacetate (WP)	4.2 fg	15.5 c	0.0 e	0.0 c
23% Hexaconazole + Thiabendazole (WP)	0.3 g	0.3 e	0.0 e	0.0 c
31.6% Carbendazim + Prochloraz (SE)	12.2 de	0.0 e	0.0 e	0.0 c
23% Azoxystrobin (SC)	0.0 g	0.0 e	0.0 e	0.0 c
23.7% Iprodione (SC)	44.7 b	15.2 c	5.0 d	0.2 c
41.8% Thiabendazole (SC)	25.5 c	0.0 e	5.3 d	0.0 c
9% Metconazole (SL)	8.2 ef	12.0 d	0.7 e	0.0 c
39.5% Fluazinam (SC)	0.0 g	0.0 e	0.0 e	0.0 c
34.5% Carbendazim + Hexaconazole (WP)	3.8 fg	0.0 e	0.0 e	0.0 c
50% Flutolanil (WP)	86.7 a	87.3 b	81.8 b	86.8 b
CK	91.8 a	91.7 a	91.8 a	91.7 a
LSD (P = 0.05)	6.04	3.04	2.56	1.36

[z] Spore germination (%) = [(No. of spore germinate on water with fungicide / 100 conidia)] × 100%.
[y] Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

至 10 mg a.i. L^{-1} 下，賽普護汰寧、撲克拉錳、貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、亞托敏、依普同、腐絕、滅特座、扶吉胺及貝芬菲克利處理下，其分生孢子之發芽率為 0–0.3% 之間，對於其孢子之發芽具有極佳的抑制性。然而在 10 mg a.i. L^{-1} 福多寧處理下，其孢子發芽率仍有 86.8%。本研究以光學顯微鏡觀察病原菌在藥劑處理下之分生孢子變化情形，結果如圖 1A、1B 所示，SPPD-24 分離株之分生孢子於 1 mg a.i. L^{-1} 有效濃度之腐絕及貝芬菲克利處理下，其分生孢子變形、孢子不發芽或發芽管變形等現象，而對照組以無菌水處理之孢子發芽表現正常 (圖 1C)。

藥劑對甘藷基腐病發生之影響

根據上述室內試驗結果，選出克熱淨、滅特座、扶吉胺、貝芬菲克利、腐絕及菲克利腐絕等 6 種對基腐病菌之菌絲生長及孢子發芽抑制效果較佳藥劑，進行溫室藥劑試驗防治評估，結果如表 3 所示。第 1 次試驗結果顯示，貝芬菲克利、腐絕及菲克利腐絕處理組之甘藷基腐病發病率分別為 33.3、16.7 及 26.7%，與對照組 96.7% 之發病率有顯著性差異；而在第 2 次試驗中，貝芬菲克利、腐絕及菲克利腐絕處理之甘藷基腐病發病率分別為 0.0、3.3 及 13.3%，亦與對照組 40.0% 之發病率有顯著性差異 (表 3)。

甘藷藷塊上農藥殘留情形

於農試所嘉義農業試驗分所甘藷田評估農藥於藷塊上消退情形，由試驗結果顯示，於最後 1 次腐絕施藥後 30、60 及 90 d，其藷塊上腐絕之殘留量分別為 0.09、0.1 及 0 mg L^{-1}。

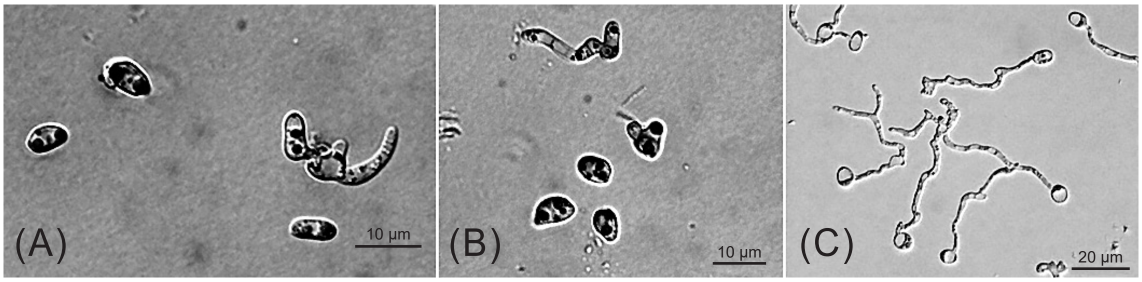

圖 1. 腐絕 (A) 及貝芬菲克利 (B) 於 1 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度下對 *Phomopsis destruens* SPPD-24 分離株之分生孢子發芽影響。(C) 以水處理之對照組。

Fig. 1. Effects of thiabendazole (A) and carbendazim + hexaconazole (B) in 1 mg a.i. L^{-1} on conidial germination of *Phomopsis destruens* using isolate of SPPD-24. Water treatment (C) was used as control.

表 3. 化學藥劑處理對甘藷基腐病發生之影響。

Table 3. Effects of fungicides treatment on the occurrence of sweet potato foot rot disease.

	Incidence (%)[z]	
Treatment	EXP1	EXP2
40% iminoctadine triacetate 1,500×	66.7 ab[y]	33.3 ab
9% metconazole 1,000×	56.7 bc	36.7 a
39.5% fluazinam 2,000×	53.3 bcd	33.3 ab
34.5% carbendazim + hexaconazole 3,000×	33.3 bcd	0.0 c
40% thiabendazole 1,000×	16.7 d	3.3 c
23.0% hexaconazole + thiabendazole 1,000×	26.7 cd	13.3 bc
CK	96.7 a	40.0 a
LSD (P = 0.05)	38.2	21.6

[z] Incidence (%) = (number of sweetpotato showed symptoms of foot rot / total number of inoculated sweetpotato) × 100%.
[y] Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

討論

目前應用於甘藷基腐病病害防治方法已知有 (1) 抗病品種：巴西 (Brazil) 於 2002 年育成 1 種甘藷品種 Princesa，對甘藷基腐病具有高度抗病性 (highly resistant) (Cavalcanti *et al*. 2002)，然而，目前在台灣並無篩選出抗病品種 (Shen *et al*. 2013)；(2) 田間衛生 (sanitation) 及種植健康扦插苗 (healthy vine tips)：Skoglund & Smit (1994) 過去研究報告指出甘藷基腐病主要感染源為罹病扦插苗，尤其在植株地際部藤蔓部位最易被基腐病菌感染，此與 Huang *et al*. (2016) 指出罹病種苗為本病害重要感染源之結果相似。因此，田間罹病藤蔓清除及種植健康扦插苗是防治田間甘藷基腐病發生之最佳防治方法；(3) 輪作非寄主作物：因甘藷作物屬於旋花科植物 (Convolvulaceae)，而其他旋花科植物如 *Ipomea alba*, *Ipomea hederifolia*, *Ipomea lacunosa*, *Ipomea purpurea*, *Ipomea trichocarpa*, *Ipomea wrightii*, *Jacquemontia tamnifolia* 等皆對甘藷基腐病菌具感病性 (susceptible) (Clark & Watson 1983)，故在田間應避免栽植此些作物，輪作植物應小心選擇；(4) 淹水處理：Huang *et al*. (2016) 指出罹病藷於田間淹水 1 wk 後及罹病藤蔓淹水 2 wk 以上，皆失去作為田間感染源之能力。顯示若罹病田區進行淹水處理 2 wk 以上，應可消滅病藷及病殘體上之菌體，降低下一期作之感染源；(5) 化學藥劑防治：Lopes & Silva (1993) 指出由罹病田區來源的種苗經過腐絕處理 1 min 後，可殺死潛伏於罹病種苗之病原菌，使其種苗種植於田間之存活率由 28% 提升至 80%。目前根據植物保護手冊，用於防治甘藷病害之藥劑種類唯有福多寧作為甘藷白絹病推薦用藥，而甘藷基腐病目前仍無防治藥劑推薦。由室內試驗結果得知，福多寧對基腐病菌菌絲生長及孢子發芽皆無抑制作用。根據 Hirooka *et al*. (1989) 報導指出，福多寧屬於系統性藥劑，主要作用機制為抑制琥珀酸脫氫酶 (succinate dehydrogenase complex; SDC) 活性，因 SDC 為擔子菌類 (Basidiomycetous) 呼吸作用重要酵素之一，其他類真菌則無 (Motoba *et al*. 1988)。由此可知，福多寧對甘藷基腐病發生無防治效果，因此有必要進一步篩選對基腐病具有防治效果之藥劑。

本研究選取 13 種供試殺菌劑進行對基腐病菌菌絲生長及孢子發芽之影響測試，試驗結果顯示，10 mg a.i. L^{-1} 有效成分濃度之撲克拉錳、貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、腐絕及貝芬菲克利對 *P. destruens* 之菌絲生長具 100% 抑制效果，而貝芬依滅列、克熱淨、菲克利腐絕、貝芬撲克拉、亞托敏、扶吉胺及貝芬菲克利可有效抑制此病原菌之孢子發芽。為進一步探討室內篩選有效藥劑之實際應用可行性，本研究挑選克熱淨、滅特座、扶吉胺、貝芬菲克利、腐絕及菲克利腐絕共 6 種化學藥劑進行溫室防治試驗。結果顯示，本研究所篩選之腐絕、菲克利腐絕及貝芬菲克利等藥劑處理，其甘藷基腐病發生率均顯著低於對照未處理之發生率，其中又以腐絕之防治效果最佳。此與前述 Lopes & Silva (1993) 指出罹病田區種苗經腐絕處理，可有效防治甘藷基腐病之結果相似。根據 2014 年行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所所編之農藥作用機制分類檢索記載，腐絕屬於苯並咪唑類 (benzimidazole) 殺菌劑，殺菌作用機制為藥劑與 tubulin 結合，導致有絲分裂受抑制，進而孢子發芽受阻、菌絲細胞生長畸形。因腐絕屬於低毒且安全藥劑，藥劑可沈著於果實或塊根表面形成保護層，為採後處理廣為應用之推薦藥劑，在國內腐絕亦推薦用於柑橘類在採收後防治儲藏性病害如綠黴病、青黴病之發生 (Ann 2003; Liao 2005)。

此外，貝芬菲克利雖在本研究為顯示對甘藷基腐病具有防治潛力之藥劑，然而根據行政院農業委員會動植物防疫檢疫局在限用登記使用農藥公告，貝芬替屬於致癌性 C 級藥劑，因此為限制登記使用藥劑，不可延伸使用於其他作物上。因此，未來合法使用貝芬菲克利於甘藷基腐病防治上較不具可行性，故未進行田間殘留試驗。另外，為瞭解腐絕施用在甘藷上農藥殘留量問題，本研究於試驗田進行腐絕 1,000× 之施用，於最後 1 次施用後 30 d 及 60 d，腐絕於藷塊之殘留量皆約為 0.1 mg L^{-1} 以下，符合衛福部之殘留標準。而最後 1 次施用後 90 d 之藷塊，經水洗後其農藥殘留檢測結果則

為未檢出，顯示腐絕為低殘留，因此未來進行甘藷基腐病之田間藥劑試驗時可以優先考量腐絕為供試藥劑。

誌謝

本研究承嘉義農業試驗分所農藝系賴永昌主任提供甘藷田及協助英文之修正；賴素玉小姐及林江美華女士協助試驗進行，特此致謝。

引用文獻

Ann, P. J. 2003. Plant Protection 9-Citrus Green Mold and Blue Mold. Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Council of Agriculture. Taipei, Taiwan. 353 pp. (in Chinese)

Cavalcanti, L. S., R. S. B. Coêlho, and J. O. Perez. 2002. Reaction of sweet potato cultivars to foot rot under field conditions. Cienc. Rural. 32:699–701.

Chen, Y. J., Y. S. Lin, and W. H. Chung. 2012. Bacterial wilt of sweet potato caused by *Ralstonia solanacearum* in Taiwan. J. Gen. Plant Pathol. 78:80–84.

Chung, M. L., C. H. Liao, and L. Li. 1981. Effect of virus infection on the yield and quality of sweet potatoes. Plant Prot. Bull. 23:137–141. (in Chinese with English abstract)

Chung, M. L., C. H. Liao, M. J. Chen, and R. J. Chiu. 1985. The isolation, transmission and host range of sweet potato leaf curl disease agent in Taiwan. Plant Prot. Bull. 27:333–341. (in Chinese with English abstract)

Clark, C. A. and B. Watson. 1983. Susceptibility of weed species of Convolvulaceae to root-infecting pathogens of sweet potato. Plant Dis. 67:907–909.

Clark, C. A., D. M. Ferrin, T. P. Smith, and G. J. Holmes. 2013. Compendium of Sweetpotato Diseases, Pests, and Disorders. 2nd ed. APS Press. St. Paul, MN. 160 pp.

Harter, L. L. and J. L. Weimer. 1929. A monographic study of sweet potato diseases and their control. U.S. Dept. Agric. Technol. Bull. 99:27–33.

Hirooka, T., Y. Miyagi, F. Araki, and H. Kunoh. 1989. Biological mode of action of flutolanil in its systemic control of rice sheath blight. Phytophthology 79:1091–1094.

Huang, C. W., H. R. Yang, C. Y. Lin, S. L. Hsu, S. Y. Lai, and H. F. Ni. 2016. The study of physiological characteristics and control of *Phomopsis destruens* causing foot rot of sweet potato. J. Taiwan Agric. Res. 65:45–53. (in Chinese with English abstract)

Huang, C. W., M. F. Chuang, S. S. Tzean, H. R. Yang, and H. F. Ni. 2012. Occurrence of foot rot disease of sweet potato caused by *Phomopsis destruens* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 21:47–52. (in Chinese with English abstract)

Lai, Y. C., L. Li, C. H. Liao, T. T. Li, Z. W. Xin, and S. L. Gaun. 2008. The achievement and prospect of sweetpotato breeding in Taiwan. p.22–31. *in*: Sweet Potato Research and Development. (Lo, H. F., ed.) Department of Horticulture and Biotechnology, Chinese Culture University. Taipei, Taiwan. 189 pp. (in Chinese with English abstract)

Liao, L. C. 2005. Practical Pesticides. TELI Chemical Co., Ltd. Taichung, Taiwan. 1311 pp. (in Chinese)

Lopes, C. A. and J. B. C. Silva. 1993. Management measures to control foot rot of sweet potato caused by *Plenodomus destruens*. Intl. J. Pest Manage. 39:72–74.

Motoba, K., M. Uchida, and E. Tada. 1988. Mode of antifungal action and selectivity of flutolanil. Agric. Biol. Chem. 52:1445–1449.

Shen, Y. M., H. S. Liu, and C. H. Chao. 2013. Analyses for the causal agent of sweet potato foot rot disease and its susceptibility on six sweet potato cultivars. Plant Prot. Bull. 55:25–34. (in Chinese with English abstract)

Skoglund, L. G. and N. E. J. M. Smit. 1994. Major Diseases and Pest of Sweetpotato in Eastern Africa. International Potato Center. Lima, Peru. 67 pp.

Tauro, P., K. K. Kapoor, and K. S. Yadav. 1986. An Introduction to Microbiology. New Age International. New Delhi, India. 412 pp.

Screening of Fungicides for Foot Rot of Sweet Potato Caused by *Phomopsis destruens*

Chiao-Wen Huang[1], Hong-Ren Yang[2], Ching-Yi Lin[1], Sui-Li Hsu[3], Wen-Chi Ko[3], and Hui-Fang Ni[4,*]

Abstract

Huang, C. W., H. R. Yang, C. Y. Lin, S. L. Hsu, W. C. Ko, and H. F. Ni. 2017. Screening of fungicides for foot rot of sweet potato caused by *Phomopsis destruens*. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):66–73.

Foot rot is one of emerging diseases for sweet potato in recent years. The objective of this study was to screen fungicides for foot rot diseases caused by *Phomopsis destruens*. The results showed that mycelial growth was effectively inhibited by prochloraz-manganese, carbendazim + imazalil, iminoctadine triacetate, hexaconazole + thiabendazole, carbendazim + prochloraz, metconazole, carbendazim + hexaconazole and thiabendazole. Spore germination of *P. destruens* was inhibited by cyprodinil + fludioxonil, prochloraz-manganese, carbendazim + imazalil, iminoctadine triacetate, hexaconazole + thiabendazole, carbendazim + prochloraz, azoxystrobin, iprodione, thiabendazole, metconazole, fluazinam and carbendazim + hexaconazole in 10 mg a.i. L^{-1}. In greenhouse experiments, the results indicated that thiabendazole, hexaconazole + thiabendazole and carbendazim + hexaconazole were effective fungicides for controlling foot rot. Fungicide residues in the case of tubers showed that remains of pesticide in tubers were approximately 0.1 ppm after drenching Thiabendazole after 30 days and 60 days. The results revealed that thiabendazole was low remains of fungicide. Therefore, it is recommended that thiabendazole is the priority chemical for controlling foot rot disease over other fungicides in the future-field experiment of sweet potato.

Key words: Sweet potato (*Ipomoea batatas*), Foot rot diseases, *Phomopsis destruens*, Fungicides screening.

Received: May 12, 2016; Accepted: June 27, 2016.
[*] Corresponding author, e-mail: hfni@dns.caes.gov.tw
[1] Assistant Research Fellows, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
[2] Research Fellow and Director, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
[3] Research Assistants, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
[4] Associate Research Fellow and Head, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 66(1):74–86 (2017)
DOI: 10.6156/JTAR/2017.06601.09

研究報告

比較市售瓶裝飲用水之元素特徵

梁文睿[1] 彭宗仁[2] 蔡修裕[3] 林娉婷[4] 黃秉益[5] 林毓雯[6] 黃群鈞[7] 劉滄棽[8,*]

摘要

梁文睿、彭宗仁、蔡修裕、林娉婷、黃秉益、林毓雯、黃群鈞、劉滄棽。2017。比較市售瓶裝飲用水之元素特徵。台灣農業研究 66(1):74–86。

本研究之主要目的在分析各類市售瓶裝飲用水、自來水與去離子 / 逆滲透水之大量及微量元素之濃度，進一步透過主成分分析 (principal component analysis; PCA)，以比較各類瓶裝水間元素特徵之異同，同時評估 PCA 能否作為市售瓶裝水是否以自來水做為原水的鑑別技術。結果顯示，除有一類海水源瓶裝水之部分元素濃度高於自來水外，其餘瓶裝水之大量及微量元素之濃度均都低於自來水，甚至有些瓶裝水之元素濃度甚低且接近去離子水之值。再者，PCA 分析可區分出瓶裝水之水源是來自陸域淡水或海水。淡水源瓶裝水依 PCA 結果可區分為 BW-1、BW-2、BW-3 三類。BW-1、BW-3 之 PCA 元素濃度特徵分別與自來水及去離子水相同，意指 BW-1 及 BW-3 的水源可能分別與自來水和去離子水有關。而 BW-2 之 PCA 元素濃度特徵則介於 BW-1 與 BW-3 間。PCA 分析亦發現有一類標示為海水源的瓶裝水之元素濃度特徵與去離子水相同，該商品之水源標示應該有誤。

關鍵詞：瓶裝水、元素含量、主成分分析。

前言

水是生命中不可或缺之物質，飲用水之優劣將會直接地影響身體健康與否。然而在台灣，許多水源區受到農業及工業污染，大量之儲水槽與配水管線老舊破損，造成自來水、井水等水源之水質變差 (Schwarzenbach *et al*. 2010)。隨著社會型態及現代人生活習慣之變遷，民眾購買市售包裝飲用水之情形日益增加 (Birke *et al*. 2010a)。根據調查資料，全球瓶裝水產業之銷售估計每年約達 500 億 –1,000 億美元，且每年以約 7–10% 之速度成長 (Doria 2006; Gleick & Cooley 2009)。以水量而言，全球瓶裝水產業每年約 1 億 5,000 多萬公噸；在台灣，瓶裝水產業每年產值約有 55–60 億元，年總銷售量達 45 億瓶，約占全台飲料產品的 25% (Chen *et al*. 2013)。

市面上之瓶裝飲用水琳瑯滿目，依其水源主要可分成陸域淡水來源及海域海水來源兩類。以海水作為水源之市售瓶裝飲用水，是將海水透過適當之海水淡化處理後製備而成；其水源包括表淺層海水及深層海水，深層水源為汲自深度 200 m 以下之海水 (Peng *et al*. 2015)。這類瓶裝水源是將汲取的海水經蒸餾、逆滲透、電解析等方式除鹽 (desalination) 處理後製成 (Mohammadi & Kaviani 2003; Nisan

投稿日期：2016 年 6 月 17 日；接受日期：2016 年 7 月 1 日。
[*] 通訊作者：tsliu@tari.gov.tw
[1] 行政院農委會農業試驗所農業化學組研發替代役。台灣 台中市。
[2] 國立中興大學土壤環境科學系教授。台灣 台中市。
[3] 經濟部標準檢驗局花蓮分局課長。台灣 花蓮市。
[4] 中山醫學大學營養學系副教授。台灣 台中市。
[5] 財團法人石材暨資源產業研究發展中心水資源組組長。台灣 花蓮縣。
[6] 行政院農委會農業試驗所農業化學組助理研究員。台灣 台中市。
[7] 國立中興大學土壤環境科學系碩士生。台灣 台中市。
[8] 行政院農委會農業試驗所農業化學組副研究員。台灣 台中市。

et al. 2005; Karagiannis & Soldatos 2008; Sadrzadeh & Mohammadi 2008)。在相關單位所推廣之應用產業中，將深層海水透過適當之海水淡化處理後，製備成深層海水包裝飲用水作為商品出售，是目前應用中最具商品特色之產業。然而此類瓶裝水因經過海水淡化處理，其內容物之特徵元素濃度將受影響。部分深層海水包裝飲用水之廠商考量其商品之化學元素含量因淡化處理後而降低甚多，因此以人為方式將深層海水濃縮礦物質液回添至淡化水中，藉此增加商品之元素濃度，以達到廣告宣稱之礦物質多樣性之效果 (Liang 2015)，或藉以提高售價。

另一方面，以陸域淡水為水源之瓶裝飲用水，依其水源或處理方式之不同，常被標示為純水、天然水、礦泉水、礦質水、湧泉水或竹炭水等展售。例如所謂天然水、礦泉水、礦質水、湧泉水，其水源大都為泉水或地下水。泉水或地下水因賦存於地層中之時間較為長遠，因此溶有較多來自岩層的礦質 (Freeze & Cherry 1979)；此類瓶裝飲用水常標榜含有較高濃度的元素成分。標示純水之商品，強調經強化過濾處理原水，純淨、無礦質為其特色。而如竹炭水，則謂其原水是流經竹炭介質處理；使用此處理方式，是因竹炭在商業廣告上被稱有除氯、過濾及增加水中礦物質的含量與調整酸鹼值的效能。

以台灣市場瓶裝飲用水之單價而言，使用海水作為水源之瓶裝水，依其品牌、水源地及各國進口之獨有性等而有不同之價位，其價格約為每 1 L 新台幣 30–170 元。另一方面，以陸域淡水為水源之市售瓶裝飲用水，其價格約每 1 L 為新台幣 18–35 元。另外，常見於台灣中、南部地區之投幣式供水機 (其水源大都標示為山泉水)，其價格每 1 L 為 1 元。相較而言，亦可做為飲用水的自來水，其每 1 L 僅約 0.01 元。因此，在單價上市售瓶裝水遠高於自來水。

在台灣，市售瓶裝飲用水從汲取原水到製成瓶裝水販售，受到「飲用水管理」及「衛生標準」等法規所規範，其法律者有「飲用水管理條例」，而法規命令主要包括：「飲用水管理條例施行細則」、「飲用水水源水質標準」、「飲用水水質標準」等。同時在「飲用水管理條例」第 28 條中指明，所供販賣之包裝或盛裝之飲用水，其容器、包裝與製造過程之衛生、標示、廣告及水質之查驗，須依食品安全衛生管理法之規定。此規定包括「食品良好衛生規範準則」、「包裝飲用水及盛裝飲用水衛生標準」、「食品、器具、容器包裝衛生標準」、「市售包裝食品營養標示規範」及「市售包裝食品營養宣稱規範」等。以上是廠商端必須遵守的規範，然而消費者端普遍較為在乎的是這些單價遠高於自來水的瓶裝飲用水，是否標示屬實值得購買。

以消費者而言，會購買市售瓶裝飲用水主要在於其飲用便利性及攜帶性。其次，一些商品常以其機能性廣告用詞吸引消費者購買。例如，部分海水源之瓶裝飲用水或礦泉水之商品，廣告上常用其含特別之離子種類或含量以宣稱其特性，但在商品標示上則未明顯標示出這些特別離子的種類或含量。這些含糊的廣告宣傳用辭，或有誤導消費者之嫌。另一方面，或有商品是以自來水做為其製程之水源，因為以自來水做為瓶裝飲用水源之製作成本遠較汲取自山泉、地下水或海水為低。若如此，僅考量取水成本而不含其他費用，再比較瓶裝飲用水之銷售價格，該項商品實為一高利潤之商品。

在統計技術上，多變量分析中之主成分分析 (principal component analysis; PCA) 可將一組具大量數據的原始數據組簡化成幾個代表性指標，以達到資料簡化與解釋的目的 (Selle *et al*. 2013)；因此，PCA 常被用來將水質特徵化的一個技術 (Morell *et al*. 1996; Jalali & Khanlari 2008; Liu *et al*. 2008; Bong *et al*. 2009; Peng *et al*. 2015)。基於此，本試驗將水樣元素濃度測定後，再利用 PCA 將所有分析元素之濃度轉化成統計特徵，用以解釋各類水樣間的水質特徵異同。

本試驗之主要目的在於分析各水源瓶裝飲用水與自來水之主要元素及微量元素之濃度，以瞭解市售瓶裝飲用水與自來水間之元素特徵差異 (Bertoldi *et al*. 2001; Birke *et al*. 2010b;

Cicchella *et al*. 2010; Dinelli *et al*. 2012)。另一方面，本試驗進一步將所測得各類水樣之元素濃度以 PCA 進行統計分析，藉以瞭解各類水樣商品間的元素特徵異同，進而評估 PCA 作為市售瓶裝水是否使用自來水作為原水的鑑別技術。

材料與方法

瓶裝水樣本

本試驗購買市售瓶裝水包括淡水來源及海水為來源兩類。海水源之瓶裝水來自不同品牌或同品牌不同批次製造共計 17 個之不重覆樣本，依其取水深度分為表層海水源 (SSW) 與深層海水源 (DSW) 2 類 (表 1)。淡水源之瓶裝水共有 19 個來自不同品牌之不重覆樣本，依其水源地，可分為台灣北部、中部及南部地區 (表 2)。北部地區有 7 個樣本，包括台北 (TP) 1 個、宜蘭 (IL) 5 個、及桃園 (TY) 1 個樣本。中部地區有 9 個樣本，包括苗栗 (ML) 1 個、彰化 (CH) 2 個與南投 (NT) 6 個樣本。南部地區有 3 個樣本，包括高雄 (KS) 1 個及屏東 (PT) 2 個樣本。此組淡水源瓶裝水樣本若依水體類別，可分為地下水體 (10 個樣本)、地表水體 (6 個樣本)、自來水 (2 個樣本)、其他水體 (1 個樣本)。

此外，本試驗取台中中興大學實驗室之自來水做為對照組 (表 3)。以自來水源製備的對照組樣本包括自來水 (TW)，以自來水製成之逆滲透水 (ROW)，以及由逆滲透水製成之去離子水 (DIW)。

表 1. 本試驗海水源瓶裝水之商品標示。

Table 1. Descriptions of the examined bottled waters labeling made from sea water sources.

Sample	Description on bottle	Desalination method
SSW		
SSW-1	Surface seawater, Yilan, Northeastern Taiwan. Manufactured in March, 2012.	
SSW-2	Seawater 12 m below sea surface, Miaoli, Western Taiwan. Manufactured in February, 2012.	Distillation
SSW-3	Seawater 12 m below sea surface, Miaoli, Western Taiwan. Manufactured in May, 2012.	Distillation
SSW-4	Seawater 12 m below sea surface, Miaoli, Western Taiwan. Manufactured in May, 2012.	Distillation
DSW-A		
DSW-5	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in January, 2012.	Reverse osmosis
DSW-6	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in December, 2011.	Reverse osmosis
DSW-7	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in June, 2012.	Reverse osmosis
DSW-8	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in October, 2011.	Reverse osmosis
DSW-9	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in February, 2012.	Reverse osmosis
DSW-10	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in February, 2012.	Reverse osmosis
DSW-11	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in May, 2012.	Reverse osmosis
DSW-12	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in June, 2012.	Reverse osmosis
DSW-13	Seawater 618 m below sea surface, Hualien, Eastern Taiwan. Manufactured in June, 2011.	Reverse osmosis
DSW-14	Seawater 618 m below sea surface, Okinawa, Japan. Manufactured in December, 2011.	
DSW-B		
DSW-15	Seawater 610 m below sea surface, Oahu, Hawaii, U.S.A. Manufactured in August, 2012.	
DSW-16	Seawater 610 m below sea surface, Oahu, Hawaii, U.S.A. Manufactured in August, 2012.	
DSW-17	Seawater 610 m below sea surface, Oahu, Hawaii, U.S.A. Manufactured in August, 2012.	

表 2. 本試驗陸域淡水源瓶裝水之商品標示。

Table 2. Descriptions of the examined bottled waters labeling made from terrestrial fresh water sources.

Sample	Description on bottle	Water processes	Note
TP01	Unknown water of Ruifang, New Taipei County. Manufactured in August, 2012.	Physical filtration membranes	BW-2
IL01	Groundwater of Yuanshan, Yilan County, Northern Taiwan. Manufactured in March, 2013.	0.2 μm filtration membranes (three times) and ozone sterilization	BW-3
IL02-1	Surface water of Toucheng, Yilan County, Northern Taiwan. Manufactured in October, 2012.	Sand, activated carbon and ultra-thin membrane filtration, and ozone sterilization	BW-3
IL02-2	Surface water of Toucheng, Yilan County, Northern Taiwan. Manufactured in September, 2012.	Sand, activated carbon and ultra-thin membrane filtration, and ozone sterilization	BW-3
IL02-3	Surface water of Toucheng, Yilan County, Northern Taiwan. Manufactured in October, 2012.	Accurate filtration technology	BW-3
IL03	Surface water of Toucheng, Yilan County, Northern Taiwan. Manufactured in August, 2012.	Boiling sterilization and 5 μm, 1 μm, and 0.2 μm filtration membranes	BW-3
TY01	Tank water of Zhongli, Taoyuan County, Northern Taiwan. Manufactured in September, 2012.	Removal of anions and cations, and purification treatment by reducing electric conductivity	BW-3
ML01	Groundwater of Tongluo, Miaoli County, Central Taiwan. Manufactured in October, 2012.	Multiple filtration equipment, reverse osmosis, and boiling sterilization with 105℃	BW-3
CH01-1	Groundwater of Beidou, Changhua County, Central Taiwan. Manufactured in July, 2012.	Reverse osmosis	BW-3
CH01-2	Groundwater of Beidou, Changhua County, Central Taiwan. Manufactured in August, 2012.	Activated carbon and reverse osmosis (seven filtration membranes)	BW-3
NT01-1	Surface water of Puli, Nantou County, Central Taiwan. Manufactured in September, 2012.	Multiple filtration equipment and ozone sterilization	BW-2
NT01-2	Surface water of Puli, Nantou County, Central Taiwan. Manufactured in October, 2012.	Multiple filtration equipment, ozone sterilization, and charcoal-filtered	BW-1
NT02-1	Groundwater of Puli, Nantou County, Central Taiwan. Manufactured in October, 2012.	Multiple filtrations and reverse osmosis	BW-3
NT02-2	Groundwater of Puli, Nantou County, Central Taiwan. Manufactured in September, 2012.	Reverse osmosis and ozone sterilization	BW-3
NT03	Groundwater of Caotun, Nantou County, Central Taiwan. Manufactured in November, 2012.	Reverse osmosis, 5 μm filtration membrane, and ultraviolet sterilization	BW-3
NT04	Groundwater of Puli, Nantou County, Central Taiwan. Manufactured in October, 2012.	Specific filter (not reverse osmosis) and ozone sterilization	BW-2
KS01	Tank water of Renwu, Kaohsiung City, Southern Taiwan. Manufactured in September, 2012.	Activated carbon, reverse osmosis and ozone sterilization	BW-3
PT01-1	Groundwater of Wanluan, Pingtung County, Southern Taiwan. Manufactured in August, 2011.	Cation exchange measurement, ceramic resonator, and ultraviolet combining ozone sterilization	BW-3
PT01-2	Groundwater of Wanluan, Pingtung County, Southern Taiwan. Manufactured in October, 2011.	1 μm, 0.7 μm, 0.4 μm, and 0.2 μm filtration membranes, and ultraviolet combining ozone sterilization	BW-3

表 3. 本試驗取自國立中興大學實驗室之對照水樣。

Table 3. Reference waters collected from the laboratory at National Chung Hsing University for this study.

Water type	Description
TW	Tap water in laboratory. Collected in September, 2012.
ROW	Reverse osmosis water in laboratory. Collected in September, 2012.
DIW	Deionized water in laboratory. Collected in September, 2012.

儀器分析

本試驗分析之元素計 40 種，包括硼 (B)、鈣 (Ca)、鐵 (Fe)、鉀 (K)、鎂 (Mg)、錳 (Mn)、鈉 (Na)、磷 (P) 和硫 (S) 等 9 種大量元素，及鈹 (Be)、釩 (V)、鉻 (Cr)、鈷 (Co)、鎳 (Ni)、銅 (Cu)、鋅 (Zn)、鎵 (Ga)、鍺 (Ge)、砷 (As)、硒 (Se)、銣 (Rb)、鍶 (Sr)、釔 (Y)、鈮 (Nb)、鉬 (Mo)、銀 (Ag)、鎘 (Cd)、銦 (In)、銻 (Sb)、銫 (Cs)、鋇 (Ba)、鑭 (La)、鈰 (Ce)、鐠 (Pr)、釹 (Nd)、銪 (Eu)、釓 (Gd)、汞 (Hg)、鉈 (Tl) 和鉛 (Pb) 等 31 種微量元素。9 種大量元素濃度，是利用感應耦合電漿原子發射光譜分析儀 (inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy; ICP-OES) (HORIBA Jobin Yvon ULTIMA 2C, Longjumeau, France) 測定，而微量元素濃度是利用感應耦合電漿質譜儀 (inductively coupled plasma-mass spectroscopy; ICP-MS) (Agilent 7500 ICP-MS, Tokyo, Japan) 測定。

分析過程中同時以空白試驗及標準添加，確認樣品中有無基質干擾或所用的檢測方法是否適當。至少每 10 個樣品執行一個重複樣品分析，若每批次樣品數少於 10 個，則每批次應執行一個重複樣品分析。若重複分析差異大於 5%，則分析值視為不可靠，應立即檢視原因，確定原因後採取必要之修正措施，並重複樣品之分析。主要元素之單位以 mg L^{-1} 表示，微量元素則以 μg L^{-1} 表示 (Birke *et al*. 2010a)。

另一方面，電導度 (electrical conductivity; EC) 分析是利用電導度計 (WTW pH/Cond 340i, Weilheim, Germany) 進行測量，單位以 μS cm^{-1} 表示。

主成分分析 (PCA)

水樣元素含量測定後，本試驗另利用 PCA 將元素濃度 (包括 EC 值) 轉化成統計特徵參數，以解釋各類水樣間的水質特徵異同。在處理過程中，首先將水樣之元素所測得的濃度含量之數據作為資料點，透過資料點找到一條軸 (線性函數或成分)。當資料點投影至軸時，讓各點之距離在軸上產生最明顯之變異量，藉此達到區分效果。後續再利用同方式找到第 2 條新軸，並以此類推至找到第 3、4、5 條軸等。各軸間相互垂直，使資料點在兩軸之變異不會重疊。

各軸資料點 (投影點) 之變異量被稱為特徵值 (eigenvalue)，擁有最大特徵值之軸被命名為主成分 1 (PC1)；第二大解釋變異量之軸為主成分 2 (PC2)，以此類推 (Selle *et al*. 2013)。資料點 (所分析的各個元素) 經 PCA 會得到與各主成分之相關係數，其值之大小稱為負荷量 (loading)。資料點之主成分的負荷量越大，代表它對此主成分之影響力則越高。此外，經 PCA 會得到各樣本與各主成分關係之程度，以得點 (score) 表之。若 A 樣品在 PC1 得點大於 B 樣品，而 PC1 之主特徵為硒，代表 A 樣品受硒含量影響的情況較 B 樣品為大。

本試驗以二階段進行 PCA 分析，以檢驗 PCA 技術是否可以達到區別不同類別水樣之目的。首先將所有測定元素進行第一次 PCA 分析，篩選出解釋變異量高於 10% 之各主成分。接續以第一次 PCA 分析所篩選出各主成分內的所有特徵元素進行第二次 PCA 分析，以提高 PCA 對不同類水樣之鑑別能力 (Brandolini *et al*. 2005; Carter *et al*. 2015)。本試驗使用 IBM SPSS 22.0 版軟體執行 PCA。

結果與討論

主成分分析

以所有測定元素進行第一次 PCA 分析之結果顯示，在 1-PC3 以下的成分能解釋變異量已低於 10% (表 4)，能反映的特徵已過少，故選取 1-PC1 至 1-PC3。1-PC1 的主要特徵為 Be、Se、Rb、Mo、B、K、Mg、S 和 EC 等 9 個 (表 4)，解釋變異量為 22.9%；1-PC2 的主要特徵為 Ga、Y、Cs、Ba、La、Nd 和 Ca 等 7 個，解釋變異量為 18.4%；1-PC3 的主要特徵為 Ni、Cu、Nb、Hg 等 4 個，解釋變異量為 10.0%。此 3 個主成分於累積百分比對全體變數之解釋能力已達約 51.3%。

接續以上述第一次 PCA 分析所篩選出的 20 個特徵元素進行第二次 PCA 分析。結果顯

示，在 2-PC3 以下的成分能解釋變異量已低於 10% (表 4)，能反映的特徵已過少，故選取 2-PC1 至 2-PC3。2-PC1 的主要特徵為 Se、Rb、Mo、Mg、S 和 EC 等 6 個，解釋變異量為 33.9% (表 4)；2-PC2 的主要特徵為 Ga、Y、Cs 和 Ba 等 4 個，解釋變異量為 24.8%；2-PC3 的主要特徵為 Ni 和 Cu，解釋變異量為 13.6%。此 3 個主成分於累積百分比對全體變數之解釋能力已達約 72.2%。與 1-PCA 比較，2-PCA 提高約 21% 之解釋數據變異的能力。

圖 1 為 2-PC1 對 2-PC2 之作圖。在圖 1 中，代表陸域原水的自來水 (TW) 與其他類水樣有明顯區隔，包括由其衍生的逆滲透水及去離子水 (ROW/DIW)。陸域淡水源瓶裝水在圖 1 中有 BW-1、BW-2 及 BW-3 三群分布。BW-1 點群包括瓶裝水 NT01-2 (表 2)，其在圖 1 上靠近 TW。BW-3 點群包括瓶裝水 IL01、IL02-1、IL02-2、IL02-3、IL03、TY01、ML01、CH01-1、CH01-2、NT02-1、NT02-2、NT03、KS01、PT01-1 及 PT01-2 (表 2)。BW-3 點群包括瓶裝水在圖 1 之分布與 ROW/DIW 重疊。BW-2 點群包括瓶裝水 TP01、NT01-1 及 NT04，其在圖 1 之分布介於 BW-1 與 BW-3 點群間。在海水源瓶裝飲用水方面，DSW 有 A 及 B 二組之分布。DSW-B 與 BW-3 點群與 ROW/DIW 重疊，而 DSW-A 與 SSW 二者可與其他類水體區分。

再者，由圖 1 之作圖，本試驗之瓶裝水有 I、II、III、IV 及 V 五類組分布 (圖 1)。I 類組之瓶裝水 BW-1 與 TW 二者 PCA 元素特徵相似，意指此陸域淡水源之瓶裝水水源可能來自來水。II 類組之瓶裝水包括 DSW-B 與 BW-3 二類水樣，其 PCA 元素特徵與 ROW/DIW 之元素特徵相似，意指 DSW-B 與 BW-3 二類水樣可能來自滲透水或去離子水。III 類組之瓶裝水主要為 BW-2 類水樣，其 PCA 元素特徵介於 I、II 二類組水樣間，意指 III 類組之瓶裝水之水源與自來水，或滲透水和去離子水有關。IV 及 V 類組之瓶裝水分別為 SSW 與 DSW-A 二類水樣；由圖 1 顯示，SSW 與 DSW-A 二類海水源瓶裝水可與淡水源之瓶裝水區分。值得注意的是 DSW-B 其瓶身標示為海水源應該有誤。由圖 1 之 PCA 區分圖顯示，DSW-B 之 PCA 元素特徵與實驗室製備之 ROW/DIW 相同，但與 SSW 與 DSW-A 二類海水源瓶裝水明顯區分，顯示 DSW-B 應是由陸域淡水、而不是由海水原水製備而成。此 DSW-B 之原水應是陸域淡水的推斷，與 Peng

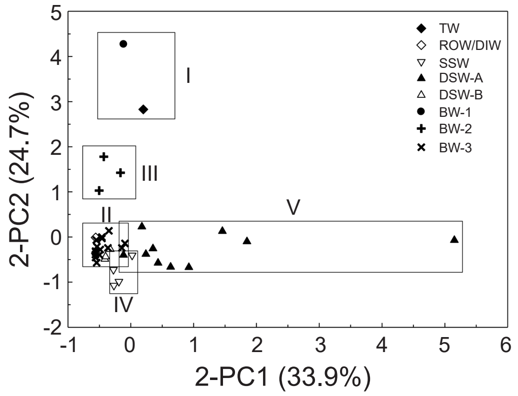

圖 1. 2-PC1 與 2-PC2 之作圖。

Fig. 1. Plot of 2-PC1 vs. 2-PC2.

表 4. 各成分之解說總變異量。

Table 4. Amount of variance for each principal component.

	Eigenvalue			
Component	Total	Amount of variance (%)	Cumulative (%)	Element
1-PC1	9.380	22.877	22.877	Be, Se, Rb, Mo, B, K, Mg, S, and EC
1-PC2	7.564	18.448	41.325	Ga, Y, Cs, Ba, La, Nd, and Ca
1-PC3	4.072	9.932	51.258	Ni, Cu, Nb, and Hg
2-PC1	6.778	33.890	33.890	Se, Rb, Mo, Mg, S, and EC
2-PC2	4.945	24.725	58.615	Ga, Y, Cs, and Ba
2-PC3	2.718	13.591	72.206	Ni and Cu

et al. (2015) 由氫氧同位素證據推論的結果相符。

大量元素之比較

EC 值可粗略代表水體離子濃度之總和，其值大小主要與大量元素之含量有關。在圖 2 中，EC 值於 DSW-A 之濃度最高，平均值約 753 μS cm^{-1}；其次為 TW 之值，約 250 μS cm^{-1}。ROW/DIW 之值約 7 μS cm^{-1}。DSW-B 之值僅約 13 μS cm^{-1}，幾與 ROW/DIW 之值相同。BW-1、BW-2 及 BW-3 之值分別為 203、127 及 74 μS cm^{-1}，略低於 TW 之 250 μS cm^{-1}。SSW 之值約 35 μS cm^{-1}。

在所分析之 9 種大量元素中，本文挑選硼、鈣、鉀、鎂、鈉、硫等 6 種元素做進一步比較討論，其理由為這 6 種元素在絕對濃度上有明顯差異，其餘鐵、錳、磷則無。例如，所有水樣之鐵濃度均約 0.020 mg L^{-1}；錳、磷二元素之濃度皆臨偵測極限。各類瓶裝水之大量元素硼、鈣、鉀、鎂、鈉、硫之平均濃度如圖 3 所示，其比較分述如下。

硼元素為人體必需微量元素之一，可促進鈣、鎂、鉀、磷之吸收和代謝，促進骨骼合成並預防骨質疏鬆。若缺乏可能會造成生長遲滯、骨質疏鬆症及蛀牙發生率 (Murray 1995)，有報告認為每日攝取 3 mg 能預防骨質疏鬆症 (Nielsen & Meacham 2011)。在自然水體環境中，河水與海水之硼濃度平均值分別約為 1 × 10^{-2} mg L^{-1} 及 4.5 mg L^{-1} (Chen 1994)。由圖 3 顯示，以本試驗而言，硼濃度以 DSW-A 之濃度最高，平均值約 1 mg L^{-1}，ROW/DIW 之值則接近 0 mg L^{-1}，而其餘類別水樣之濃度均不超過 0.1 mg L^{-1}。

鈣元素除了建構骨骼和牙齒外，亦可協助神經系統之正常運作，對心臟、甲狀腺、免疫系統、凝血作用及細胞維護等具有重要影響。若長期鈣質攝取不足，可能會引起高血壓、尿道結石、肌肉收縮、手足抽搐症、倦怠虛弱、骨質疏鬆或軟化等症狀 (Yoshinaga *et al*. 1995)。目前鈣元素成人每日建議攝取量為 1,000 mg (Otten *et al*. 2006)。河水與海水之鈣濃度平均值分別約為 15 及 4.22 × 10^2 mg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 3 顯示，鈣濃度以 TW 之濃度最高，平均值約 32 mg L^{-1}；ROW/DIW 之值約 0.3 mg L^{-1}，而 SSW 之值與 ROW/DIW 相近。其餘類別水樣之濃度不超過 3 mg L^{-1}。

鉀元素是構成細胞之主要成分，亦為細胞內液中最重要之陽離子和鹼性元素；若缺乏可能會造成浮腫、低血鉀症、神經傳導失

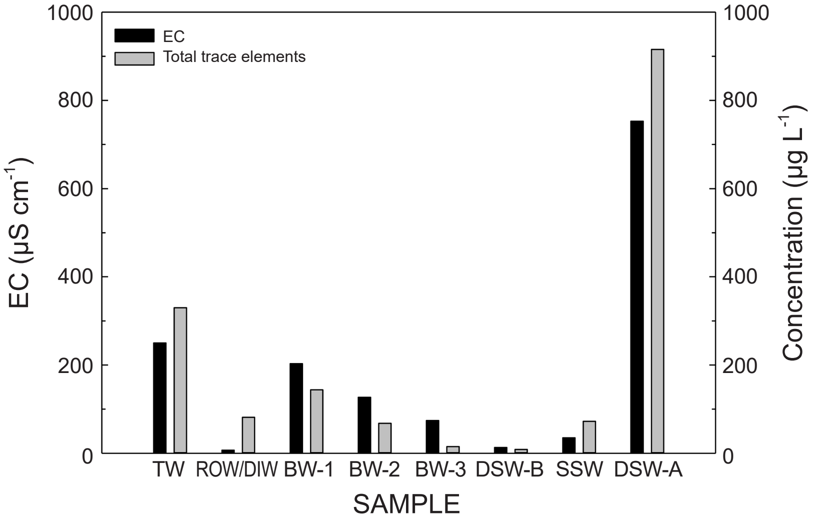

圖 2. 各類水樣之 EC (electrical conductivity) 平均值及微量元素總濃度圖。

Fig. 2. Mean EC (electrical conductivity) values and total concentrations of trace-element in selected bottled water samples.

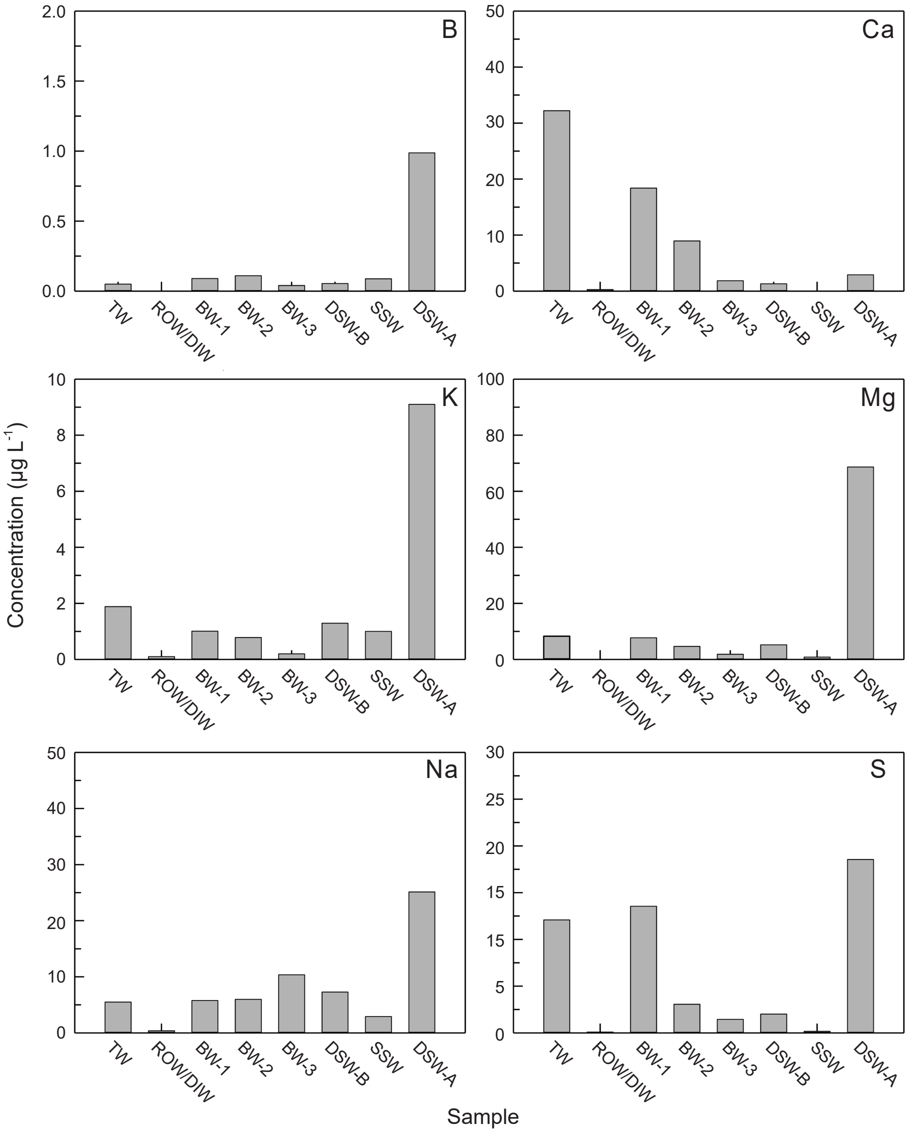

圖 3. 各類水樣大量元素硼、鈣、鉀、鎂、鈉、硫之濃度圖。

Fig. 3. Major-element concentrations of B, Ca, K, Mg, Na, and S in selected bottled water samples.

常及產生倦怠感 (Yoshinaga *et al*. 1995)。目前鉀元素成人每日建議攝取量為約 4.7–5.1 g (Otten *et al*. 2006)。在自然水體環境中，河水與海水之鉀濃度平均值分別約為 2.3 及 4.16 × 10^2 mg L^{-1} (Chen 1994)。由圖 3 顯示，鉀濃度以 DSW-A 之濃度最高，平均值約 9 mg L^{-1}；ROW/DIW 最低，其值約 0.1 mg L^{-1}；TW 之值約 2 mg L^{-1}。其餘類別水樣之濃度不未超過 2 mg L^{-1}。

鎂元素為構成骨骼和牙齒之重要成分，並對人體各項重要功能幾乎都有關聯。鎂元素攝取不足會造成血鈣濃度升高，若攝取過量容易引發狹心症、心肌梗塞和腦中風等心血管疾病。因此必須均衡地攝取鎂，方能維持心臟等循環器官之健康 (Yoshinaga *et al*. 1995)。目前鎂元素成人每日建議攝取量為約 310–380 mg (Otten *et al*. 2006)。在自然水體環境中，河水與海水之鎂濃度平均值分別約為 4.1 及

1.326×10^3 mg L^{-1} (Chen 1994)。由圖 3 顯示，鎂濃度以 DSW-A 之濃度最高，平均值約 70 mg L^{-1}；ROW/DIW 最低，其值約 0.04 mg L^{-1}；TW 之值約 8.3 mg L^{-1}。其餘類別水樣之鎂濃度不超過 10 mg L^{-1}。

鈉為人體必需之主要元素之一，對體液平衡及其他生理功能具有高度關聯性。若鈉元素攝取不足則會食慾不振、噁心、產生疲倦感等症狀；若經常攝取過量則容易導致高血壓產生 (Yoshinaga *et al*. 1995)。關於攝取量之部分，目前訂定一般成人之每日上限攝取量約為 2,400 mg (Otten *et al*. 2006)。在自然水體環境中，河水與海水之鈉濃度平均值分別約為 9 及 11.05×10^3 mg L^{-1} (Chen 1994)。由圖 3 顯示，鈉濃度以 DSW-A 之濃度最高，平均值約 25 mg L^{-1}；ROW/DIW 之濃度最低，平均值約 0.4 mg L^{-1}；TW 之值約 5 mg L^{-1}。其餘類別水樣之濃度不未超過 10 mg L^{-1}。

硫元素是維護毛髮、皮膚、指甲健康之重要元素，它在人體內具有進行氧化還原之能力，以維持體內氧平衡並使腦部機能正常運作，並可幫助人體維持基本代謝 (Kampa & Castanas 2008)，但目前尚未訂定建議攝取量。在自然水體環境中，河水與海水之硫濃度平均值分別約為 3.7 及 9.28×10^2 mg L^{-1} (Chen 1994)。由圖 3 顯示，硫濃度以 DSW-A 之值最高，平均值約 20 mg L^{-1}；TW 之值約為 12 mg L^{-1}，而 BW-2 之值與 TW 相當。ROW/DIW 及 SDW 之值約 0.1 mg L^{-1}。其餘類別水樣之值不超過 5 mg L^{-1}。

由上述各類瓶裝水之 EC 值及大量元素濃度比較討論顯示，一般而言 DSW-A 瓶裝水之濃度相較於自來水及其他瓶裝飲用水要高，而其他瓶裝飲用水之濃度低於自來水之值。

微量元素之比較

以所有 31 種所分析微量元素之總濃度而言 (圖 2)，濃度最高者為 DSW-A 之 915.44 µg L^{-1}，其次為 TW 之 329.77 µg L^{-1}；最低者為 DSW-B 之 8.53 µg L^{-1}。SSW 與 ROW/DIW 之值分別為 72.53 與 81.34 µg L^{-1}。BW-1、BW-2 及 BW-3 之值分別為 143.91、68.02 與 15.20 µg L^{-1}。在所分析之 31 種元素中，本文挑選銅、硒、銣、鍶、鋅、鋇等 6 種微量元素做進一步比較討論，其理由為這些微量元素在絕對濃度上有明顯差異，其餘 25 種則無，而且部分元素在各類水樣之測定已達偵測極限。各類瓶裝水之微量元素銅、硒、銣、鍶、鋅、鋇之結果比較如圖 4 顯示，分述如下。

銅元素為人體內許多蛋白質與酵素之重要成分之一，可以由飲食如魚、肉、穀類、堅果類等攝取每日所需之銅。銅攝取不足亦會影響鐵吸收，導致貧血及骨骼相關病症如骨質疏鬆、骨質密度下降、生長遲緩等問題 (Goldhaber 2003; Fraga 2005)；目前訂定一般成人之每日建議攝取量約為不超過 3 mg (Fraga 2005)。在自然水體環境中，河水與海水之銅濃度平均值分別約為 7 及 0.3 µg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 4 顯示，銅濃度以 SSW 之值最高，平均值約 58.03 µg L^{-1}；TW 之值約為 2.95 µg L^{-1}，ROW/DIW 之值約 34.99 µg L^{-1}。其餘類別水樣之值不超過 TW 之值。

硒元素為近年來研究最熱門之營養元素。一些研究指出硒元素具有抗癌和活化免疫系統之作用，能預防特定癌症和腫瘤。人體若缺硒元素則會增加罹患乳癌、大腸癌、肺癌和攝護腺癌之機率 (Rayman 2000; Goldhaber 2003; Fraga 2005)。關於人體膳食營養參考攝取量之部分，目前訂定一般成人之每日建議攝取量約 50–70 µg (Otten *et al*. 2006)。在自然水體環境中，河水與海水之硒濃度平均值分別約為 0.06 及 0.13 µg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 4 顯示，硒濃度以 DSW-A 之值最高，平均值約 8.92 µg L^{-1}；TW 與 ROW/DIW 之值約 1.13 及 1.10 µg L^{-1}。此外，SSW 及 DSW-B 之值不超過 1.70 µg L^{-1}；BW-1、BW-2 及 BW-3 之濃度不超過 0.08 µg L^{-1}。

銣元素為稀有之鹼金屬元素，其化學性質與鉀元素相似，必要時可以取代鉀離子之電解功能 (Hurley & Keen 1987)。關於人體膳食營養參考攝取量之部分，目前尚未訂定攝取含量標準。在自然水體環境中，河水與海水之銣濃度平均值分別約為 1 及 120 µg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 4 顯示，銣濃度以 DSW-A 之值最高，平均值約 2.88 µg L^{-1}；TW 之值約 2.37

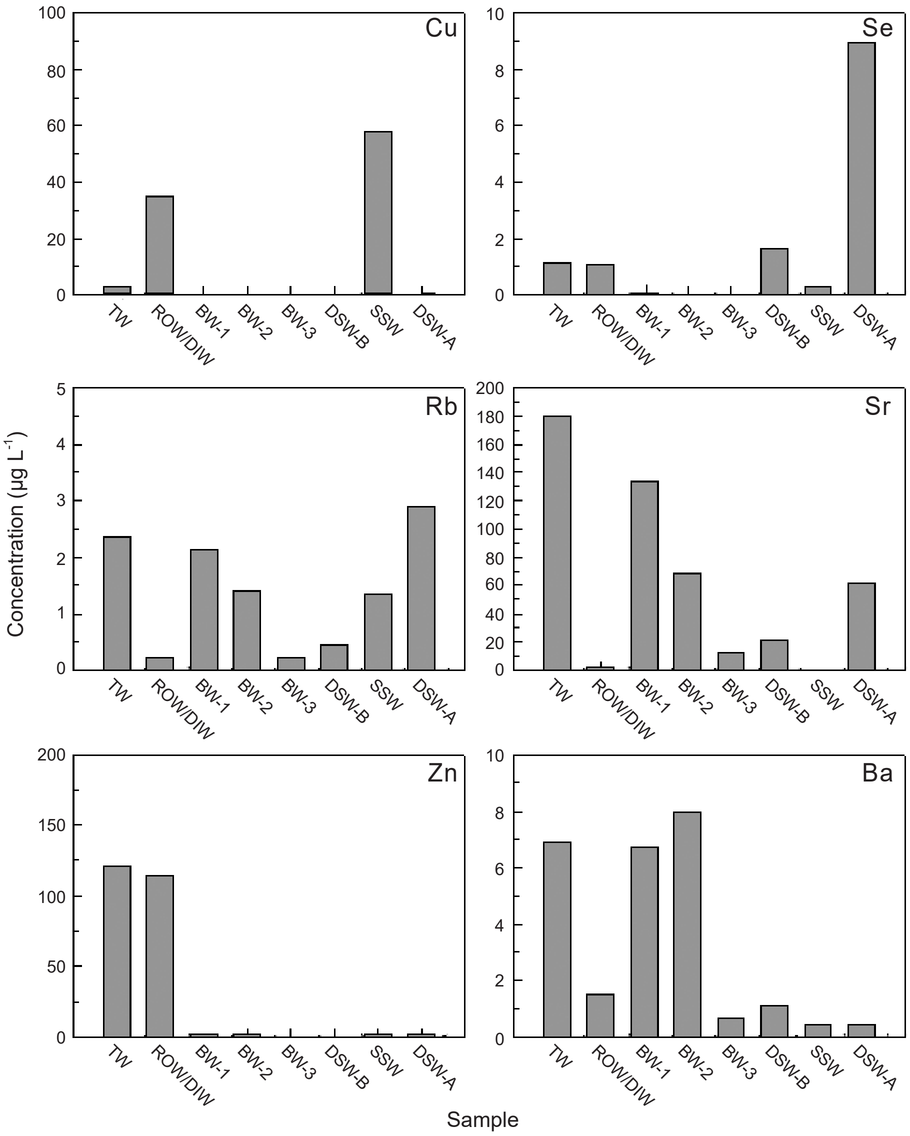

圖 4. 各類水樣微量元素銅、硒、銣、鍶、鋅、鋇之濃度圖。

Fig. 4. Trace-element concentrations of Cu, Se, Rb, Sr, Zn, and Ba in selected bottled water samples.

μg L^{-1}，而 ROW/DIW 之值約為 0.23 μg L^{-1}。其餘水樣之濃度不超過 TW 之 2.37 μg L^{-1}。

鍶是人體骨骼和牙齒之組成成分，人體若缺乏鍶，將會引起體內代謝紊亂。若攝取鍶過量會導致輕微之消化道反應，亦會造成骨骼生長發育過快，引發骨科相關病徵 (Hurley & Keen 1987)。關於人體膳食營養參考攝取量之部分，目前訂定一般成人之每日建議攝取量約為 1.9 mg 左右 (Hurley & Keen 1987)。在自然水體環境中，河水與海水之鍶濃度平均值分別約為 70 及 7,600 μg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 4 顯示，鍶濃度以 TW 之值最高，平均值約 180.55 μg L^{-1}，其次為 BW-1，約 134.40 μg L^{-1}，而 SSW 之值與 ROW/DIW 之值相近，ROW/DIW 之值約 2.85 μg L^{-1}。其餘水樣之濃度不超過 BW-2 之 68.53 μg L^{-1}。

鋅元素為蛋白質製造所需之元素，可幫助合成 DNA 及 RNA，維持正常細胞之免疫功

能。若缺乏鋅則會造成生長發育不良、傷口癒合不良與嚴重貧血等狀況 (Goldhaber 2003; Fraga 2005)。鋅建議攝取量目前訂定一般男性每日約 15 mg，女性則為 12 mg (Otten *et al*. 2006)。在自然水體環境中，河水與海水之鋅濃度平均值分別約為 20 及 0.4 μg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 4 顯示，鋅濃度以 TW 之值最高，平均值約 121.60 μg L^{-1}，其次為 ROW/DIW，約 114.06 μg L^{-1}。其餘水樣之濃度甚微，約不超過 2.20 μg L^{-1}。

鋇在自然水體環境中，河水與海水之鋅濃度平均值分別約 20 及 14 μg L^{-1} (Faure 1991)。由圖 4 顯示，鋇濃度以 TW、BW-1 及 BW-2 三者較高，分別為 76.90、6.72 及 7.95 μg L^{-1}，而 ROW/DIW 約 1.50 μg L^{-1}。其餘水樣之濃度甚微，不超過 ROW/DIW 之值。

由上述各類瓶裝水之微量元素濃度比較討論顯示，一般而言，DSW-A 瓶裝水之濃度相較於自來水及其他瓶裝飲用水要高，而其他瓶裝飲用水之濃度低於自來水之值。同時部分瓶裝水如 DSW-B、SSW 及 BW-3 之微量元素濃度值，只比 ROW/DIW 之值高了一些。

結論

由本試驗之大量及微量元素濃度分析結果顯示，除有一類海水源瓶裝水 (DSW-A) 之部分元素濃度高於自來水外，其餘瓶裝水之元素濃度均都低於自來水。甚至有些瓶裝水之濃度甚低，接近去離子水之低濃度值。

再者，PCA 分析可區分出瓶裝水之水源是來自陸域淡水或海水，而淡水源瓶裝水依 PCA 結果又可區分為 BW-1、BW-2、BW-3 三類。BW-1 之 PCA 元素濃度特徵與自來水相同，意指 BW-1 的水源可能與自來水有關；BW-3 之 PCA 元素濃度特徵與去離子水相同，意指 BW-3 的水源可能與去離子水有關。PCA 分析亦發現有一類標示為海水源的瓶裝水 (DSW-B) 之元素濃度特徵與去離子水相同，該商品標示為海水源之資訊應該有誤。

消費者於選用包裝飲用水之消費行為中，一般以方便性、售價及產品特色 (如微量元素含量) 作為參考。由本研究之結果得知，市售瓶裝水有部分產品在售價及離子濃度上並未優於自來水，或許這亦間接佐證了目前多數消費者係以方便性或售價為優先考量之消費行為。另一方面，本研究中也同時發現，市售瓶裝水存在含有較多大量元素或微量元素的產品。在廣大的包裝飲用水市場中，如何確保本身產品的差異化或提升附加價值，將會是國內外包裝飲用水之生產業者重要的課題。

誌謝

本試驗由國立中興大學及行政院農委會農業試驗所提供經費，計畫編號 NCHU-TARI 10201。

引用文獻

Bertoldi, D., L. Bontempo, R. Larcher, G. Nicolini, S. Voerkelius, G. D. Lorenz, H. Ueckermann, H. Froeschl, M. J. Baxter, J. Hoogewerff, and P. Brereton. 2011. Survey of the chemical composition of 571 European bottled mineral waters. J. Food Comp. Anal. 24:376–385.

Birke, M., C. Reimann, A. Demetriades, U. Rauch, H. Lorenz, B. Harazim, and W. Glatte. 2010a. Determination of major and trace elements in European bottled mineral water: Analytical methods. J. Geochem. Explor. 107:217–226.

Birke, M., U. Rauch, B. Harazim, H. Lorenz, and W. Glatte. 2010b. Major and trace elements in German bottled water, their regional distribution, and accordance with national and international standards. J. Geochem. Explor. 107:245–271.

Bong, Y. S., J. S. Ryu, and K. S. Lee. 2009. Characterizing the origins of bottled water on the South Korean market using chemical and isotopic compositions. Anal. Chim. Acta 631:189–195.

Brandolini, V., P. Tedeschi, E. Cereti, A. Maietti, D. Barile, J. D. Coisson, D. Mazzotta, M. Arlorio, and A. Martelli. 2005. Chemical and genomic combined approach applied to the characterization and identification of Italian *Allium sativum* L. J. Agric. Food Chem. 53:678–683.

Carter, J. F., H. S. A. Yates, and U. Tinggi. 2015. Stable isotope and chemical compositions of European and Australasian ciders as a guide to authenticity. J. Agric. Food Chem. 63:975–982.

Chen, C. H., Y. C. Li, H. D. Tsai, F. S. Cheng, W. H. Chang, and C. E. Gan. 2013. Application of ANOVA

to study sale difference of mineral water. Taiwan Assn. Hydr. Eng. Sci. 16:120–123. (in Chinese)

Chen, C. T. 1994. Marine Chemistry. Naw Chang Book. Taipei, Taiwan. 551 pp. (in Chinese)

Cicchella, D., S. Albanese, B. De Vivo, E. Dinelli, L. Giaccio, A. Lima, and P. Valera. 2010. Trace elements and ions in Italian bottled mineral waters: Identification of anomalous values and human health related effects. J. Geochem. Explor. 107:336–349.

Dinelli, E., A. Lima, S. Albanese, M. Birke, D. Cicchella, L. Giaccio, P. Valera, and B. De Vivo. 2012. Comparative study between bottled mineral and tap water in Italy. J. Geochem. Explor. 112:368–389.

Doria, M. F. 2006. Bottled water versus tap water: Understanding consumers' preferences. Water Health. 4:271–276.

Faure, G. 1991. Principles and Applications of Inorganic Geochemistry. Macmillan. New York. 626 pp.

Fraga, C. G. 2005. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. Mol. Aspects Med. 26:235–244.

Freeze, R. A. and J. A. Cherry. 1979. Groundwater. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. 604 pp.

Gleick, P. H. and H. S. Cooley. 2009. Energy implications of bottled water. Environ. Res. Lett. 4:9–14.

Goldhaber, S. B. 2003. Trace element risk assessment: Essentiality vs. toxicity. Regul. Toxicol. Pharmacol. 38:232–242.

Hurley, L. S. and C. L. Keen. 1987. Mnganese. p.185–223. *in*: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th ed. (Mertz W., ed.) Academic Press. San Diego, CA. 480 pp.

Jalali, M. and Z. V. Khanlari. 2008. Major ion chemistry of groundwater in the Damagh area, Hamadan, western Iran. Environ. Geol. 54:87–93.

Kampa, M. and E. Castanas. 2008. Human health effects of air pollution. Environ. Pollut. 151:362–367.

Karagiannis, I. C. and P. G. Soldatos. 2008. Water desalination cost literature: Review and assessment. Desalination 223:448–456.

Liang, W. J. 2015. Assessing the Source Descriptions of Bottled Deep-sea Drinking Waters by Chemical and Isotopic Approaches. Master thesis, National Chung Hsing University. Taichung, Taiwan. 72 pp. (in Chinese with English abstract)

Liu, C. W., C. S. Jang, C. P. Chan, C. N. Lin, and K. L. Lou. 2008. Characterization of groundwater quality in Kinmen Island using multivariate analysis and geochemical modeling. Hydrol. Process. 22:376–383.

Mohammadi, T. and A. Kaviani. 2003. Water shortage and seawater desalination by electrodialysis. Desalination 158:267–270.

Morell, I., E. Gimenez, and M. V. Esteller. 1996. Application of principal components analysis to the study of salinization on the Castellon Plain (Spain). Sci. Total Environ. 177:161–171.

Murray, F. J. 1995. A human health risk assessment of boron (boric acid and borax) in drinking water. Regul. Toxicol. Pharmacol. 22:221–230.

Nielsen, F. H. and S. L. Meacham. 2011. Growing evidence for human health benefits of boron. Evid-Based Compl. Alt. Med. 16:169–180.

Nisan, S., B. Commercon, and S. Dardour. 2005. A new method for the treatment of the reverse osmosis process, with preheating of the feed water. Desalination 182:483–495.

Otten, J. J., J. P. Hellwig, and L. D. Meyers. 2006. Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. The National Academies Press. Washington, DC. 1330 pp.

Peng, T. R., W. J. Liang, T. S. Liu, Y. W. Lin, and W. J. Zhan. 2015. Assessing the authenticity of commercial deep-sea drinking water by chemical and isotopic approaches. Isotopes Environ. Health Stud. 51:322–331.

Rayman, M. P. 2000. The importance of selenium to human health. Lancet 356:233–241.

Sadrzadeh, M. and T. Mohammadi. 2008. Sea water desalination using electrodialysis. Desalination 221:440–447.

Schwarzenbach, R. P., T. Egli, T. B. Hofstetter, U. Gunten, and B. Wehrli. 2010. Global water pollution and human health. Annu. Rev. Environ. Resour. 35:109–136.

Selle, B., M. Schwientek, and G. Lischeid. 2013. Understanding processes governing water quality in catchments using principal component scores. J. Hydrol. 486:31–38.

Yoshinaga, J., T. Suzuki, M. Morita, and M. Hayakawa. 1995. Trace elements in ribs of elderly people and elemental variation in the presence of chronic diseases. Sci. Total Environ. 162:239–252.

Comparison in Mineral Characteristics among Commercial Bottled Waters

Wen-Jui Liang[1], Tsung-Ren Peng[2], Shiou-Yuh Tsai[3], Ping-Ting Lin[4], Ping-Yi Huang[5], Yu-Wen Lin[6], Chun-Chun Huang[7], and Tsang-Sen Liu[8,*]

Abstract

Liang, W. J., T. R. Peng, S. Y. Tsai, P. T. Lin, P. Y. Huang, Y. W. Lin, C. C. Huang, and T. S. Liu. 2017. Comparison in mineral characteristics among commercial bottled waters. J. Taiwan Agric. Res. 66(1):74–86.

To evaluate the mineral characteristics of commercial bottled drinking waters sold locally, their concentrations of major and trace elements were analyzed and compared with those of tap water, deionized water and reverse-osmosis water using the principal component analysis (PCA). Whether PCA can be applied to separate the difference between bottled drinking water and tap water was also assessed. Results showed that, except one kind of seawater-sourced bottled water, concentrations of major and trace elements of examined bottled waters were lower than those of tap water, and levels of some bottled waters were low enough to compete with those of deionized water. Furthermore, PCA can not only distinguish bottled water sourced from terrestrial fresh water or sea water, but also divide fresh water-sourced bottled waters into three different groups, BW-1, BW-2 and BW-3. The mineral characteristics of BW-1 and BW-3 were similar to those of tap water and deionized water, respectively, implying that water sources of BW-1 and BW-3 are highly related to tap water and deionized water, respectively. The characteristic of BW-2 lies between the BW-1 and the BW-3. The most concerned about this study is that there was one kind of bottled water claimed a sea water source exhibiting the mineral characteristics similar to that of deionized water, indicating goods carrying incorrect designation of origin.

Key words: Bottled water, Elemental concentration, Principal component analysis (PCA).

Received: June 17, 2016; Accepted: July 1, 2016.

* Corresponding author, e-mail: tsliu@tari.gov.tw

1 Research and Development Substitute Services, Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

2 Professor, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

3 Section Chief, Hualien Branch, Bureau of Standards, Metrology, and Inspection, Ministry of Economic Affairs, Hualien, Taiwan, ROC.

4 Associate Professor, Department of Nutrition, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, ROC.

5 Director, Water Resources Division, Stone & Resource Industry R&D Center, Hualien, Taiwan, ROC.

6 Assistant Research Fellow, Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

7 Master’s student, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

8 Associate Research Fellow, Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

Editorial Board

Editor-in-Chief

Yang, Chwen-Ming
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Editors

Ann, Pao-Jen
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute
Chang, Ruey-Jang
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute
Chang, Yung-Ho
Department of Food and Nutrition, Providence University
Chen, Chien-Chung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute
Chen, Chiling
Division of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute
Chen, Chung-Li
Department of Agronomy, National Chung Hsing University
Chen, Iou-Zen
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University
Chen, Su-Ming
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University
Chen, Yu-Hui
Department of Agricultural Economics, National Taiwan University
Chien, Li-Hsien
Department of Applied Economics, National Chung Hsing University
Chung, Wen-Hsin
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University
Do, Yi-Yin
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University
Hou, Feng-Nan
Department of Entomology, National Chung Hsing University
Huang, Chao-Chia
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute
Huang, Jenn-Wen
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University
Huang, Pung-Ling
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University
Huang, Yuh-Ming
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University
Juang, Kai-Wei
Department of Agronomy, National Chiayi University
Kao, Ching-Huei
Department of Agronomy, National Taiwan University
Ko, Chiun-Cheng
Department & Graduate Institute of Entomology, National Taiwan University
Ku, Hsin-Mei
Department of Agronomy, National Chung Hsing University
Kuo, Bau-Jeng
Department of Agronomy, National Chung Hsing University
Lin, Huey-Ling
Department of Horticulture, National Chung Hsing University
Lin, Yann-Rong
Department of Agronomy, National Taiwan University
Liu, Li-Yu
Department of Agronomy, National Taiwan University
Lu, Hsiu-Ying
Miaoli District Agricultural Research and Extension Station
Lu, Kuang-Hui
Department of Entomology, National Chung Hsing University
Shen, Wei-Chiang
Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University
Tsay, Jyh-Rong
Taiwan Agricultural Research Institute
Tseng, Menq-Jiau
Department of Horticulture, National Chung Hsing University
Tzou, Yu-Min
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University
Wang, Chan-Sen
Department of Agronomy, National Chung Hsing University
Wang, Shu-Jen
Department of Agronomy, National Taiwan University
Wu, Wen-Jer
Department & Graduate Institute of Entomology, National Taiwan University
Yang, Jeng-Tze
Department of Entomology, National Chung Hsing University
Yen, Gow-Chin
Department of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University

Editorial Assistants

Ku, Pei-Jung
Editorial Office of Journal of Taiwan Agricultural Research
Wang, Li-Jung
Editorial Office of Journal of Taiwan Agricultural Research
Wu, Huei-Ching
Division of Technical Service, Taiwan Agricultural Research Institute

Consultant to Editorial Assistants

Wu, Yi-Yan
Division of Technical Service, Taiwan Agricultural Research Institute

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol. 66 No. 1 March 31, 2017

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

Publisher	Junne-Jih Chen
Editor-in-Chief	Chwen-Ming Yang
Address	No.189, Zhongzheng Rd., Wufeng Dist., Taichung City 41362, Taiwan, ROC
Website	http://www.tari.gov.tw; E-mail: jtar@tari.gov.tw; Tel: +886-4-2331-7236
Submission	http://aspers.airiti.com/JTAR
Press	Airiti Press Inc.
Address	18F., No.80, Sec.1, Chenggong Rd., Yonghe Dist., New Taipei City 23452, Taiwan, ROC
Tel	+886-2-2926-6006
E-mail	press@airiti.com
Price	NT$ 175 (per copy)
Distributor	1. GB Books / 1F., No.209, Songjiang Rd., Taipei City 10485, Taiwan, ROC GB Website: http://www.govbooks.com.tw; Tel: +886-2-2518-0207 2. Wunan Books / No.6, Zhongshan Rd., Taichung City 40042, Taiwan, ROC Tel: +886-4-2226-0330